



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

NÁVRH VYTÁPĚCÍHO SYSTÉMU PRO RODINNÝ DŮM

DESIGN OF A HEATING SYSTEM FOR A FAMILY HOUSE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Lukáš Rudišín

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Patrik Elbl

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Lukáš Rudišín**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Energetika, procesy a životní prostředí
Vedoucí práce: **Ing. Patrik Elbl**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Návrh vytápěcího systému pro rodinný dům

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jednou ze základních lidských potřeb je tepelný komfort v prostředí, kde se člověk pohybuje. Hledání vhodného systému vytápění a zdrojů tepla pro rodinné domy tak, aby splňovaly požadavky ekonomické, ekologické, komfortní a další je velmi problematické. Náplní práce je návrh systému pro vytápění rodinného domu.

Cíle bakalářské práce:

- porovnání dostupných technologií vytápění domácností,
- výběr vhodného systému pro vzorový dům,
- provedení základního návrhu,
- ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-214-5769-7.

BROŽ, Karel. Vytápění. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2006, ISBN 80-01-02536-5.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakult

Abstrakt

Bakalárska práca sa zameriava na návrh ideálneho vykurovacieho systému pre zvolený objekt. Jednotlivé kapitoly teoreticky rozoberajú používané technológie vykurovania, popisujú objekt a jeho aktuálne využívaný systém vykurovania, navrhujú alternatívne systémy a ekonomicky ich zhodnocujú.

Kľúčové slova

Palivo, technológie vykurovania, tepelné straty, systémy vykurovania, finančná analýza

Abstract

The bachelor thesis focuses on the design of an ideal heating system for a selected object. The individual chapters theoretically analyze the used heating technologies, describe the building and its currently used heating system, propose alternative systems and evaluate them economically.

Key words

Fuel, heating technologies, thermal loss, heating systems, financial analysis

Bibliografická citácia

RUDIŠIN, Lukáš. *Návrh vytápěcího systému pro rodinný dům* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132736>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav. Vedoucí práce Patrik Elbl.

Prehlásenie

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému Návrh vykurovacieho systému pre rodinný dom Energetického ústavu vypracoval samostatne s použitím odbornej literatúry a prameňov, uvedených v zoznamu, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

Dátum

Meno a priezvisko

Pod'akovanie

Týmto ďakujem Ing. Patrikovi Elblovi za cenné rady, pri vypracovávaní tejto bakalárskej práce a taktiež ďakujem mojim rodičom za poskytnutie komplexných informácií o popisovanom objekte.

Obsah

Úvod.....	11
1 Spôsoby vykurovania domácnosti	12
1.1 Palivá	12
1.1.1 Tuhé	12
1.1.2 Kvapalné.....	14
1.1.3 Plynné.....	15
1.2 Spaľovacie zariadenia	16
1.2.1 Kotle na zemný plyn.....	16
1.2.2 Kotle pre ústredné vykurovanie na tuhé palivá.....	17
1.3 Zariadenia využívajúce obnoviteľné zdroje energie	19
1.3.1 Tepelné čerpadlo	19
1.3.2 Solárne kolektory	21
1.4 Rekuperácia.....	22
1.5 Akumulácia tepla.....	23
2 Súčasný stav objektu	25
2.1 Popis objektu.....	25
2.2 Tepelné straty objektu	26
2.3 Aktuálny systém vykurovania.....	27
3 Návrh nových systémov vykurovania	29
3.1 Navrhovaný systém 1: Splyňovací kotol + akumulačná nádrž	29
3.1.1 Splyňovací kotol	29
3.1.2 Akumulačná nádrž:	29
3.2 Navrhovaný systém 2: Automatický kotol	30
3.3 Navrhovaný systém 3: Tepelné čerpadlo.....	30
3.4 Navrhovaný systém 4: Solárne kolektory + akumulačná nádrž	31
3.4.1 Solárne kolektory:	31
3.4.2 Akumulačná nádrž:	31
4 Prevádzkové náklady systémov.....	32
4.1 Aktuálne využívaný systém	32
4.2 Navrhovaný systém 1: Splyňovací kotol.....	33
4.3 Navrhovaný systém 2: Automatický kotol	34
5 Finančné zhodnotenie	37
5.1 Grafy finančného zhodnotenia.....	37
5.2 Zhodnotenie jednotlivých systémov	39

Záver	41
Zoznam použitých zdrojov	42
Zoznam použitých skratiek a symbolov	47
Zoznam príloh	49
Prílohy	50

Úvod

Základným cieľom vykurovania domácností je dosiahnutie požadovaného tepelného komfortu. Teplo pre vykurovanie a zásobu teplej vody domácností sa získava pomocou spaľovania fosílnych palív a biomasy alebo využívaním tepla z obnoviteľných zdrojov energie. V 20. storočí bolo hlavným spôsobom vykurovania domácností práve spaľovanie drevnej biomasy a fosílnych palív ako uhlie či koks. Takéto využitie tuhých fosílnych palív pre vykurovanie domácností je v dnešnej dobe zriedkavé a z historicky využívaných palív je stále využívané ako palivo drevná biomasa.

Sprišňujúce sa emisné normy Európskej únie tlačia na výrobcov spaľovacích zariadení pre výrobu ekologickejších kotlov. Tieto nariadenia spôsobujú zväčšovanie záujmu o vykurovanie domácností už pomocou osvedčených obnoviteľných zdrojov energie. Tie sú považované za čistejší zdroj energie s nízkymi prevádzkovými nákladmi. Mojou motiváciou pre túto tému je fakt, že vďaka EN 303-5 nebude prevádzka aktuálne využívaného kotla na tuhé palivo od septembra 2022 dovoľená. Toto nariadenie Európskej únie pre zníženie emisií spôsobí zvýšenie prevádzkových nákladov.

Cieľmi bakalárskej práce sú porovnanie dostupných technológií vykurovania domácností, výber vhodného systému pre vzorový dom, prevedenie základného návrhu a následné ekonomické zhodnotenie. Konkrétne, táto práca rozoberá najčastejšie využívané palivá a technológie pre vykurovanie domácností. Ďalej sa zaoberá zvoleným objektom a aktuálne využívaným vykurovacím systémom. Zisťuje, na koľko je prevádzka aktuálneho systému efektívna v porovnaní s navrhnutými alternatívami a nakoniec zhodnocuje výhodnosť jednotlivých systémov.

1 Spôsoby vykurovania domácnosti

Úvodná kapitola bakalárskej práce, sa zaoberá teoretickým popisom typov palív, spaľovacími zariadeniami a zariadeniami, ktoré využívajú obnoviteľné zdroje energie, zariadeniami pre rekuperáciu tepla a akumuláčnými nádržami.

1.1 Palivá

Pre spaľovací proces platí zákon zachovania energie, teda pri spaľovaní dochádza k chemickej premene uskladnenej energie paliva primárne na teplo. „Najdôležitejšou energeticko-ekonomickou vlastnosťou paliva je informácia o obsahu energie v palivu - výhrevnosť. Výhrevnosť paliva Q_i^r je teplo uvoľnené dokonalým spálením 1 kg paliva pri ochladení spalín na 20 °C, pričom voda v spalínach zostane v plynnej fáze“ [1] (vlastný preklad). Rozdiel medzi výhrevnosťou Q_i^r a spalným teplom Q_s^r je že spalné teplo ráta s hodnotou zmeny fáze z plynnej na kvapalnú pri zachovaní teploty 20 °C [1][2].

$$Q_i^r = Q_s^r - r \cdot (W^r + 8,94 \cdot H_2) \quad [kJ \cdot kg^{-1}] \quad \text{rov. 1}$$

Q_s^r	spalné teplo	$[kJ \cdot kg^{-1}]$
r	výparné teplo vody	$[kJ \cdot kg^{-1}]$
W^r	obsah vody v palivu	$[-]$
H_2	obsah vodíku v surovom palive	$[-]$

1.1.1 Tuhé

Pre správne používanie tuhých palív je nutné poznať ich základné charakteristiky. Tie sa určujú pomocou hrubého rozboru a elementárneho obsahu.

Hrubý rozbor

Udáva pomer medzi jednotlivými zložkami paliva. Medzi zložky sa radí horľavina (h), popolovina (A) a voda (W). Pre hrubý rozbor paliva platí rovnica 2 [1].

$$h + A + W = 100 \% \quad \text{rov. 2}$$

- **Horľavina**
Časť paliva produkujúca teplo. Medzi horľavinu sa riadi päť prvkov: uhlík, vodík, síra, dusík a kyslík. Aktívne prvky podieľajúce sa na horení sú uhlík, vodík a síra.
- **Popolovina**
Pred spálením je zložená z minerálnych látok a nečistôt, primiešaných k palivu počas ťažby, prepravy a uskladnenia. Po spálení vzniká popol v 3 podobách: škvara, struska a popolček.
- **Voda**
Nežiadúca súčasť paliva. Primárne znižuje jeho výhrevnosť a taktiež spôsobuje ďalšie komplikácie. Zvyšuje teplotu zapaľovania paliva. Zvyšuje objem spalín a znižuje

teplotu rosného bodu - vznik korózie. V zime zamrzá a komplikuje vyskladňovanie paliva z vagónov. Pri horení odoberá teplo a znižuje teplotu horenia. Zmenu výhrevnosti s rozličným obsahom vody v palive je možné prepočítať pomocou rov. 3 [58].

$$Q_i^r = Q_i^d \cdot (1 - W^r) - W^r \cdot I_v \quad \text{rov. 3}$$

Q_i^r	výhrevnosť pri r % obsahu vody v palive	[MJ/kg]
Q_i^d	výhrevnosť pri 0 % obsahu vody v palive	[MJ/kg]
W^r	obsah vody v palive	[%]
I_v	merné skupenské teplo varu (výparné teplo) = 2,257 MJ/kg	[MJ/kg]

Biomasa

Pojem biomasa značí všetku organickú hmotu na našej planéte podieľajúca sa na kolobehu živín biosféry. Medzi biomasu patria telá všetkých organizmov živočíchov, rastlín, baktérií, húb a siníc. Spaľovaním biomasy sa uvoľňuje oxid uhličitý do ovzdušia, ktorý rastliny pri procese fotosyntézy využívajú pre vlastný rast a uvoľňovanie kyslíka. Vďaka uvažovaniu, že spaľovanie biomasy je CO₂ neutrálne, radí sa medzi obnoviteľné zdroje energie [4]. U biomasy je potrebné sledovať jej vlhkosť, ktorá je premenná od typu paliva, doby uskladnenia a času sušenia. Vlhkosť negatívne vplyva na výhrevnosť Q_i^r biomasy, preto je nutné jej sušenie. Hodnoty vlhkosti dosiahnuteľné sušením pod prístreškom sa pohybujú v rozmedzí 20 - 30 %. Hodnoty výhrevnosti Q_i^r vysušenej biomasy dosahujú 15 - 19 MJ/kg [1][3][4][5].

Vďaka 42 % zalesneniu Slovenskej republiky je bežné využívanie práve drevnej biomasy, ktorá sa delí na kusové drevo, energetickú štiepku, drevené brikety a drevené pelety [3][10][11].

A. Kusové drevo

V rurálnych oblastiach patrí medzi najdostupnejšie palivá. Jeho nevýhodou je nutnosť manuálneho dokladania paliva. Vďaka absencii možnosti automatizácie spaľovacieho procesu sa používajú maximálne výkony kotlov do 250 kW.

B. Energetická štiepka

Lacné, jednoducho skladovateľné palivo vhodné pre plne automatizovaný proces spaľovania. Vyrába sa sekačkou do dĺžky 50 mm.

C. Drevené brikety

Zlisované palivo skladajúce sa z drevnej biomasy ktoré dosahuje dĺžku až do 30 cm. Vyrábajú sa v tvare valca alebo kvádra. V závislosti na obsahu drevnej biomasy sa delia na triedy A1 (obsahuje iba piliny) a A2 (obsahuje piliny a drevnú kôru). Sú využívané pre ručnú a automatizovanú dodávku do kotla v závislosti na ich veľkosti.

D. Drevené pelety

Malé valcovité tyčinky lisované z odpadnej suroviny, vznikajúcej počas spracovania dreva na pilách (piliny, hobliny, prach), vlastnosťami podobné dreveným briketám. Veľkostne dosahujú v priemere 6 - 8 mm a v dĺžke 20 - 30 mm. Sú vhodné pre plne automatickú prevádzku vykurovania. Pre výrobu peliet je nutné sledovať obsah lignínu a živice (vplývajú na súdržnosť). Pri ich nedostatku sa dodáva 1 - 2 % podpornej organickej látky (melasa, škrob).



Obr. 1.1 Energetická štiepka [6].



Obr. 1.2 Drevené brikety [25].



Obr. 1.3 Drevené pelety [26].

Uhlie

Základné delenie rozdeľuje uhlie podľa dĺžky trvania jeho vzniku podľa najstaršieho na antracit, čierne uhlie, hnedé uhlie, lignit a rašelinu. S pribúdajúcou dobou vzniku uhlia rastie aj jeho hodnota výhrevnosti a obsahu uhlíku. Je celosvetovo rozšírenejší a bezpečnejší zdroj energie, v porovnaní s ostatnými fosílnymi palivami [3][22].

Koks je forma upraveného uhlia s vylepšenými vlastnosťami. Vyrába sa procesom karbonizácie a vzniká pri teplote 900 °C bez prístupu vzduchu [22].

Počas 20. storočia hnedé uhlie a koks patrili medzi využívané spôsoby vykurovania domácností. Dnes sa považujú za neefektívny a neekologický zdroj výroby tepla pre domácnosti a využívajú sa v priemysle [1][3].

Tab. 1.1 Porovnanie výhrevnosti jednotlivých palív¹ [3].

	Q_i^r [MJ/kg]
Kusové drevo	14,00 - 15,00
Energetická štiepka	14,16
Drevené brikety	14,86 - 16,64
Drevené pelety	14,86 - 16,64
Hnedé uhlie	15,25

1.1.2 Kvapalné

Kvapalné palivá vychádzajú z procesu destilácie, v ktorom sa z ropy získavajú frakcie s rôznou hustotou a teploty bodu varu od 60 do 350 °C. Medzi kvapalné palivá vychádzajúce z destilácie ropy patria: LPG - skvapalnený uhlíkovodíkový plyn, benzín, nafta, petrolej, plynové oleje, LTO - ľahký topný olej, TTO - ťažký topný olej a mazut. Ďalší výrobný proces používaný pre získavanie kvapalných palív je rýchla pyrolýza uhlia alebo biomasy. V priemysle sa taktiež používajú aj spáliteľné tekuté odpady. Pri spaľovaní kvapalných odpadov je nutné zvážiť ich dopad na životné prostredie [1].

¹ Hodnoty výhrevnosti boli prepočítané pre jednotnú vlhkosť 20% pomocou rov. 3.

1.1.3 Plynné

Patria tu plyny skladajúce sa z horľavých zložiek (oxid uhoľnatý, vodík, plynné uhľovodíky) prírodného alebo umelého pôvodu a taktiež plyny vznikajúce ako odpadné látky [1].

Delia sa podľa hodnôt výhrevnosti do štyroch skupín:

- Plyny nízko výhrevné Q_i^r do $8,35 \text{ MJ} \cdot \text{m}_n^{-3}$
- Plyny stredne výhrevné Q_i^r od $8,35 - 12,5 \text{ MJ} \cdot \text{m}_n^{-3}$
- Plyny vysoko výhrevné Q_i^r od $12,5 - 21,5 \text{ MJ} \cdot \text{m}_n^{-3}$
- Plyny veľmi vysoko výhrevné Q_i^r nad $21,5 \text{ MJ} \cdot \text{m}_n^{-3}$

Zemný plyn

Bezfarebný, sám o sebe nezapáchajúci, horľavý plyn. Je nejedovatý, nedýchatelný a ľahší než vzduch. Svoj charakteristický pach získava procesom odorizácie². Zložený je z metánu (najväčšie zastúpenie z jeho zložiek), vyšších uhľovodíkov a v malom množstve obsahuje inertné plyny (slabo reagujúce plyny). Hodnoty zloženia a teda aj výhrevnosti sú závislé od geografickej polohy miesta ťažby. Riadeným spaľovaním zemného plynu nedochádza k vzniku nespálených častíc (prach, sadze) a ani nebezpečných dioxinov a furanov³, ktoré vznikajú spaľovaním chemicky zložitejších látok (uhlie, biomasa). Riadené spaľovanie takmer úplne zamedzuje vzniku emisií oxidu uhoľnatého a u emisii oxidu uhličitého dochádza k poklesu 25 - 50 % oproti spaľovaniu uhlia alebo biomasy. Vďaka týmto poznatkom môžeme konštatovať, že zemný plyn je najekologickejší fosílny zdroj energie [7][8].

Zemný plyn patrí medzi 3 najvýznamnejšie energetické zdroje s rozsiahlou infraštruktúrou a minimálnymi svetovými zásobami na 70 rokov pri aktuálnej intenzite ťažby [12]. Medzi hlavných vývozcov zemného plynu do Európy patrí: Rusko (Tranzitný plyn), Nórsko, Alžírsko a Holandsko. Pre koncového užívateľa je dôležitá hodnota spalného tepla, keďže počíta s energiou kondenzácie spalín a uvádza výslednú energiu získanú z paliva. Zemný plyn je účtovaný v kWh, namiesto m^3 (systém používaný do roku 2001). Touto zmenou sa dosiahlo to, že zákazník platí za teplo dodané zemným plynom v kWh, namiesto objemu v m^3 , ktorého hodnoty spalného tepla nie sú konštantné vzhľadom k polohe miesta ťažby zemného plynu, vid' Tab. 1.2 [7][13][12].

Tab. 1.2 Hodnoty Q_i a Q_s plynu pri tlaku $p = 101325 \text{ Pa}$, $t = 0^\circ\text{C}$ [12].

	Q_i^r		Q_s^r	
	$[\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}]$	$[\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}]$	$[\text{kJ} \cdot \text{m}^{-3}]$	$[\text{kWh} \cdot \text{m}^{-3}]$
Tranzitný	35 870	9,964	39 794	11,054
Nórsky	39 653	11,015	43 823	12,173
Alžírsky	40 840	11,344	45 169	12,547
Holandský	31 669	8,797	35 094	9,748

² Úmyselné pridávanie páchnucej zložky do vykurovacieho plynu pre identifikáciu unikajúceho plynu.

³ Chlórované uhľovodíky ktoré nie sú cielene vyrábané ale vznikli ako toxické nežiadúce zložky chemickými reakciami pri spaľovaní [9].

1.2 Spaľovacie zariadenia

Kotol je zariadenie určené k spaľovaniu paliva, pomocou ktorého dochádza k uvoľneniu chemickej energie a k následnému ohrevu pracovného média. Týmto médiom je najčastejšie voda. Jej ohrevom získame teplú vodu (do 110°C), horúcu vodu (nad 115°C a nad 0,07MPa) alebo páru (sýta, prehriata) [1].

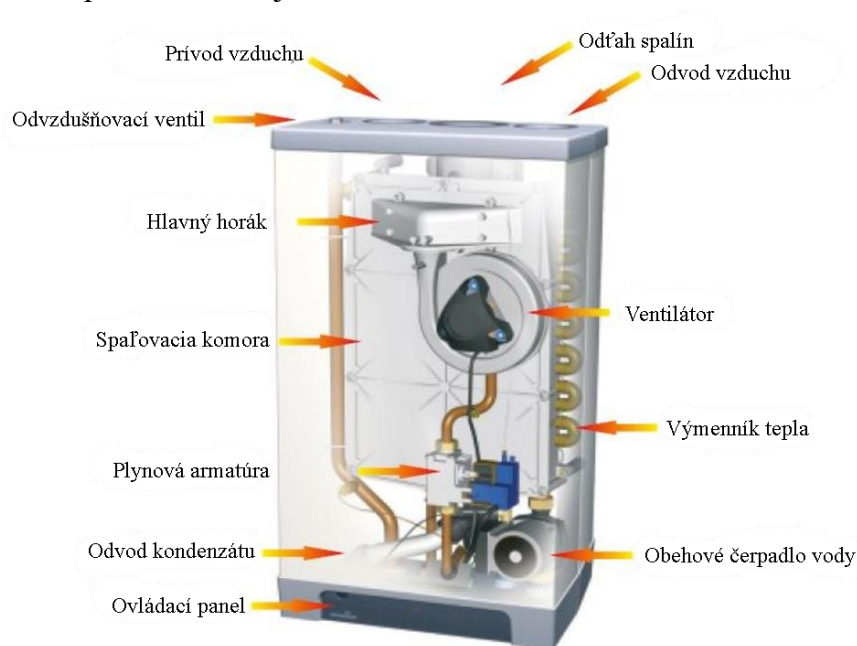
Spaľovacie zariadenia uvažované v tejto práci sa radia medzi vykurovacie kotle. Konkrétne, sú to malé kotle pre vykurovanie a prípravu teplej vody, určené pre domácnosti. Štandardne obsahujú jeden výmenník tepla typu spaliny-voda, ktorý predáva teplo spalín do vody. Skladajú sa zo spaľovacej komory, výmenníku, odvodu spalín, bezpečnostného zariadenia a systému regulácie a automatizácie. Sú navrhované pre všetky typy palív [1].

1.2.1 Kotle na zemný plyn

Patria medzi najrozšírenejšie kotle pre vykurovanie domácností. Sú plne automatizované a ich prevádzka produkuje nízke hodnoty emisií. Konštrukčne sa používajú stacionárne a závesné typy. Oba varianty využívajú atmosférické horáky. Tri základné konštrukcie kotlov na zemný plyn nám umožňujú pracovať s rôznymi teplotami odvádzaných spalín [1][14].

Štandardný kotol využíva suché spaliny. Minimálna vstupná teplota vody je 60 °C. Udržiavanie tejto teploty pomáha zamedziť vzniku kondenzátu z vlhkosti obsiahnutej v spalinách. Tie dosahujú teploty v rozmedzí 120 - 180 °C. Priemerná účinnosť štandardného kotla je 91% [1][14].

Nízkoteplotný kotol využíva suché spaliny. Vie ale pracovať s nižšími teplotami vody vstupujúcej do kotla a to 35 - 40 °C. Spaliny dosahujú teplôt v rozmedzí 90 - 120 °C. Vďaka možnosti kondenzácie je teplo menná plocha z materiálu odolnejšieho voči korózii. Priemerná účinnosť nízkoteplotného kotla je 93 % [1].



Obr. 1.4 Schéma kondenzačného kotla na ZP – preložený [56].

Kondenzačný kotol využíva vodnú páru skondenzovanú zo spalín. Teplo menná plocha musí byť z materiálu úplne odolného korózii. Teploty odvádzaných spalín dosahujú 40 - 70 °C a sú závislé od teploty vstupnej vody, ktorá nemá minimálnu hodnotu. Vďaka nízkemu ťahu komína (závisí od teploty spalín) je nutné používať ventilátor. Priemerná účinnosť kondenzačného kotla je 96 - 104 %⁴ [1][14].

Vzhľadom na prívod vzduchu a odvod spalín sa delia na 3 kategórie: [1]

- **Kategória A** Vzduch a spaliny sa získavajú alebo odvádzajú v miestnosti, kde je kotol inštalovaný. Nutnosť priameho vetrania.
- **Kategória B** Vzduch sa získava z miestnosti inštalovaného kotla a spaliny sa odvádzajú von. Nutnosť priameho alebo nepriameho vetrania.
- **Kategória C** Vzduch a spaliny sa získavajú alebo odvádzajú z vonkajších priestorov.

1.2.2 Kotle pre ústredné vykurovanie na tuhé palivá

Kotle určené pre vykurovanie pomocou biomasy a fosílnych palív. Vzhľadom k produkcii emisii sa radia do 5 emisných tried (čím vyššie číslo, tým prísnejšia emisná trieda). Kotle s ručným prikladaním paliva majú zastúpenie v rámci každej emisnej triedy. Automatické kotle dosahujú 3 - 5 emisnej triedy v závislosti od používaného paliva [19].

A. Kotle s ručným prikladaním paliva

Prevádzka kotlov s ručným prikladaním paliva dosahuje najlepšie výsledky pri využití kotla na jeho najväčší trvalý výkon, je obťažne regulovateľná a dosahuje nízku účinnosť. Približný interval prikladania paliva kotlu je každých 2 - 6 hodín. Vďaka produkcii vysokých hodnôt emisii a TZL⁵ je tento typ kotlov na ústupe. K poklesu využívania kotlov s ručným prikladaním prispela aj EN303-5, ktorá v rámci Európskej únie obmedzuje prevádzku a predaj kotlov emisných tried nesplňajúcich európske štandardy. Konkrétne obmedzenia sa líšia v závislosti od jednotlivých štátov. Výhodou kotlov s ručným prikladaním paliva je ale ich nízka cena. [1][19].

Kotle s ručným prikladaním paliva sa podľa typu horenia delia na prehorievacie kotle, odhorievacie kotle, splynovacie kotle:

- **Prehorievacie kotle**

Najstarší a najjednoduchší typ kotla zapalujúci celý objem paliva zospodu. Sú využívané pre manuálne dokladanie paliva, ktorého množstvom sa zabezpečuje regulácia tepla získaného spaľovaním. Čiastočne regulovať proces horenia je možné pomocou klapky prívodu primárneho vzduchu alebo za pomoci komínovej klapky. K prívodu vzduchu a odvodu spalín dochádza prirodzene (bez použitia ventilátoru). Komínový ťah⁶ výrazne ovplyvňuje proces spaľovania. Vďaka zmene výkonu počas horenia paliva je priebeh spaľovania periodický. To spôsobuje zmeny teploty ohrievanej vody, ktoré negatívne vplyvajú na životnosť materiálu

⁴ Účinnosť je odvodzovaná od hodnôt výhrevnosti a ak je jej hodnota nad 100%, tak to znamená, že kotol využíva aj teplo uvoľnené zmenou skupenstva páry obsiahnutej v spaliniach.

⁵ Tuhé znečisťujúce látky.

⁶ Prúdenie vzduchu (spalín) vyvolané rozdielom medzi tlakom spalinovej cesty (komínu) a tlakom vonkajšieho prostredia [29].

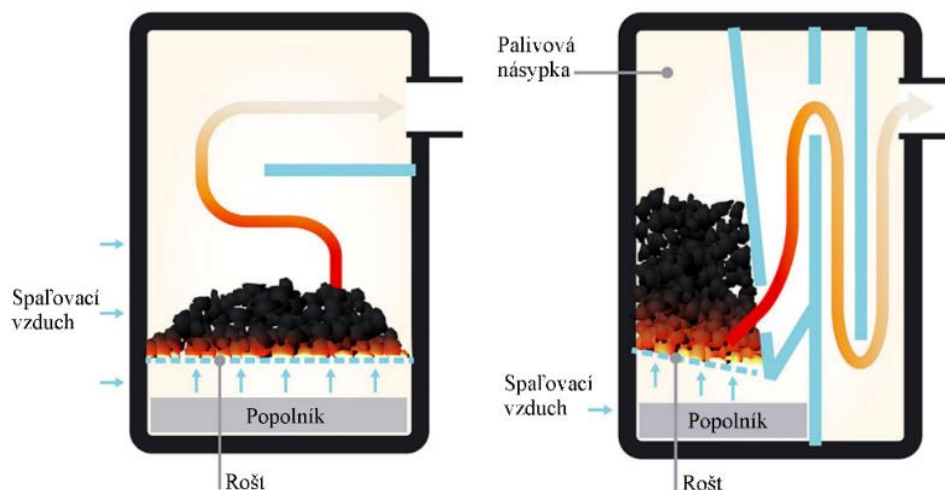
kotla. Riešením tohto problému, je nutnosť pravidelného prikladania malého množstva paliva, každých 30 minút, pre stály tepelný výkon (v praxi nevyužívané) [19][28].

- **Odhorievacie kotle**

K horeniu paliva dochádza iba v jeho spodnej vrstve, ktoré sa do spaľovacej komory dodáva zásobníkom pre ručné dokladanie. Vzduch sa privádza prirodzene a prechádza iba horiacim palivom umiestneným na rošte. Palivo nachádzajúce sa v zásobníku, uvoľňuje prchavú horľavinu, ktorá prechodom do spaľovacej komory, zvyšuje účinnosť spaľovania. Vďaka postupnému zosypávaniu paliva na rošt je spaľovanie plynulejšie než u kotla s prehorievaním paliva. Komínový ťah výrazne ovplyvňuje proces spaľovania. Použitím ventilátoru sa zamedzuje prirodzenému prúdeniu spalín cez palivo v zásobníku a dochádza k ich spodnému alebo bočnému vývodu [15][28].

- **Spľňovacie kotle**

Technicky najvyspelejší typ kotla pre ručné prikladanie paliva vo forme kusového dreva. Pri spaľovaní nedochádza k priamemu horeniu paliva, ale prchavej horľaviny uvoľnenej v zásobníku. Tá je privádzaná tryskou do spaľovacej komory. Spaľovací vzduch je privádzaný tryskou do spaľovacej komory a do zásobníku paliva. Nútené privádzanie spaľovacieho vzduchu zabezpečuje ventilátor. Obmedzením prietoku spaľovacieho vzduchu je možné regulovať výkon zariadenia. Vzniknutý podtlak v spalínovej komore zapríčinil nutnosť použitia spalínového ventilátoru pre odvod spalín. Vďaka spaľovaniu prchavej horľaviny sa výrazne obmedzilo vplyvu komínového ťahu. V rámci kotlov pre ručné dokladanie paliva spľňovacie kotle dosahujú najrovnomernejší proces spaľovania. To sa prejavuje vysokou hodnotou účinnosti (cca až 91 %), malými teplotnými diferenciami spôsobenými prikladaním paliva, a teda to menšie teplotné namáhanie materiálu kotla [28].

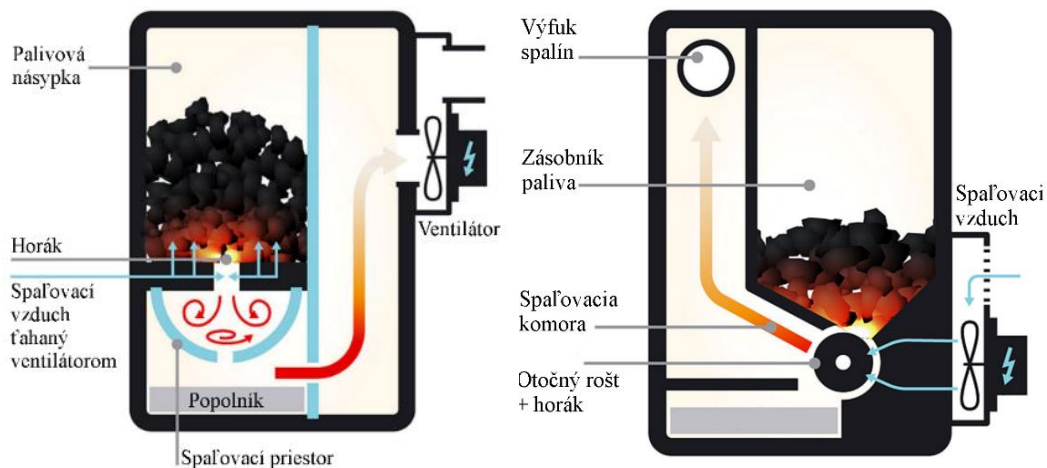


Obr. 1.5 zľava prehorievací kotol, odhorievací kotol - preložený [19].

B. Automatické kotle

Pre spaľovanie využívajú kompaktnú formu paliva (pelety, uhlie) uskladneného v zásobníku, nachádzajúceho sa mimo telo kotla. Zásobník reguluje prívod paliva dodávaného ohnisku. Prísun spaľovacieho vzduchu je zabezpečený regulovateľným ventilátorom. Takýto systém je schopný efektívneho spaľovania aj minimálneho množstva paliva vzhľadom k aktuálnej potrebe tepla. Účinnosť kotla a nízke množstvo produkovaných emisií vynahradzuje jeho

vysokú cenu. Kotle s automatickou prevádzkou majú, väčšiu možnosť regulácie výkonu. Optimálne hodnoty emisii a TZL dosahujú pri celom rozsahu výkonu, a teda spaľovanie prebieha pri vyšších hodnotách účinnosti než pri kotloch na ručné prikladanie paliva. Približný interval prikladania paliva do zásobníku automatického kotla je každých 24 - 120 hodín [19][28].

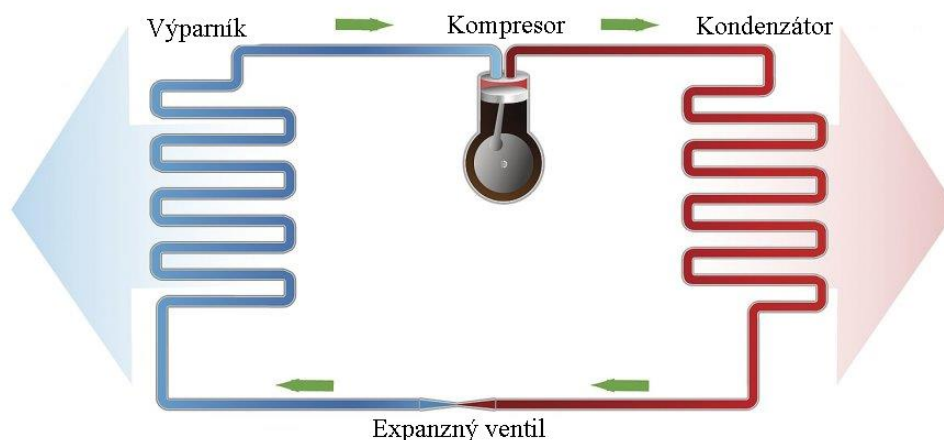


Obr. 1.6 zľava splynovací kotol, automatický kotol, - preložený [19].

1.3 Zariadenia využívajúce obnoviteľné zdroje energie

1.3.1 Tepelné čerpadlo

Technológia odoberajúca nízko potenciálové teplo prostredia (vzduch, voda, zem) zvyšuje jeho hodnotu a predáva ho prostrediu umožňujúce vykurovanie a ohrev teplej vody. Pre prenos tepla sa využíva kvapalná pracovná látka. Vysoká počiatočná investícia vyvažuje nízke prevádzkové náklady. Medzi výhody patrí aj možnosť otočenia cyklu tepelného čerpadla (ďalej iba TČ), čím dochádza ku zmene výsledného efektu na chladenie [16].



Obr. 1.7 Princíp fungovania tepelného čerpadla - preložený [27].

TČ pracuje ako uzatvorený cyklus a skladá sa zo štyroch základných komponentov: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzný ventil. Nízko potenciálové teplo získané z vonkajšieho prostredia sa pomocou výparníku predáva pracovnej (chladiacej) látke, ktorá prechádza do plynného skupenstva. Plynná pracovná látka prechádza uzatvoreným cyklom a v kompresore dochádza k jej stláčaniu, pričom sa zvyšuje jej teplota a tlak. Kompresor pre svoj chod spotrebúva istú formu energie (najčastejšie elektrickú) a dôsledkom konania práce vniká aj teplo, ktoré dodatočne ohrieva plynnú pracovnú látku. V kondenzátore sa teplo plynnej pracovnej látky predáva topnej vode, pričom pracovná látka kondenzuje. Ohriata topná voda zabezpečuje vykurovanie. Expanzný ventil znižuje tlak kvapalnej pracovnej látky a tá dosahuje pôvodne teploty začiatku cyklu [16].

Delenie podľa usporiadania ochladzovaného a ohrievaného prostredia: [20]

A. Vzduch - Voda

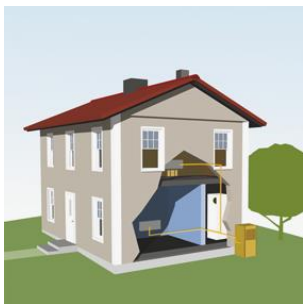
Priamo využíva teplo získané zo vzduchu. Využitie dvoch jednotiek (vonkajšia, vnútorná) alebo jednej vonkajšej jednotky. Z pomedzi všetkých typov TČ má najjednoduchšiu inštaláciu a najnižšie počiatkové investičné náklady. V porovnaní s ostatnými TČ jeho prevádzka produkuje hluk. V prípade využitia ako primárny zdroj tepla počas topného obdobia nepokrýva celkové tepelné straty. Tento problém sa dá vyriešiť použitím elektricky vyhrievanej špirály alebo elektro kotla.

B. Zem - Voda

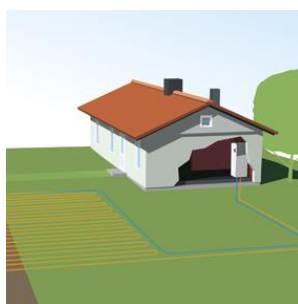
Nepriamo využíva teplo získané zo zemného kolektoru (horizontálny, vertikálny). Používaná kvapalina cirkulujúca kolektorom vďaka obehovému čerpadlu je nemrznúca a ekologicky nezávadná. Počas vykurovacej sezóny poskytuje stály výkon. Pre inštaláciu zemných kolektorov sú nutné rozsiahle pozemné práce, ktoré zvyšujú celkové investičné náklady. Nutnosť získania stavebného povolenia pre oba typy zemných kolektorov (zamedzenie vzniku škôd na inžinierskych sieťach).

C. Voda - Voda

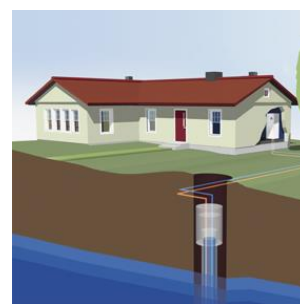
Nepriamo využíva teplo získané z vody, ktorá pochádza z čerpacej studne. Voda výparníkom využitá pre ohrev je odvádzaná do vsakovanej studne. Studne musia byť od seba dostatočne vzdialené. TČ tohto typu pre svoj chod vyžaduje minimálnu celoročnú teplotu vody 8 °C, vhodné chemické zloženie vody a dostatočný prietok vody. Tento typ TČ ponúka stály tepelný výkon a priaznivé hodnoty topného faktoru. TČ tohto typu má náročnú inštaláciu a vysoké nároky na údržbu. Jeho prevádzka je závislá od dostatočného prietoku vody a hrozí vyčerpanie zásob vody.



Obr. 1.8 Vzduch - Voda [17].



Obr. 1.9 Zem - Voda [17].



Obr. 1.10 Voda - Voda [17].

Delenie podľa typu dodávanej energie: [18]

A. Elektrické tepelné čerpadla

Kompresor je poháňaný elektrickou energiou. Najvyužívanejší spôsob pohonu kompresoru. Pri optimálnych podmienkach dodaním 1kWh elektrickej energie kompresoru, tepelné čerpadlo vyrobí 3 - 4 kWh tepla.

B. Plynové tepelné čerpadla

Kompresor je poháňaný plynovým spaľovacím motorom. Využitím tepla motora dochádza ku predohrevu teplej vody alebo zvýšeniu teploty vody výparníka.

C. Absorpčné tepelné čerpadla

Energia poháňaná tepelné čerpadlo je dodávaná z absorpčného cyklu.

Topný faktor (COP) je údaj, ktorý popisuje pomer výstupného tepelného výkonu k energetickému príkonu TČ. Aby bol COP dobre pochopený, treba poznať podmienky, za akých bol určený. Udáva iba jeden bod skutočnej prevádzky. Dôležitejším údajom je sezónny topný faktor (SPF), ktorý značí podiel vyrobeného tepla k spotrebovanej elektrickej energii za rok. Posledným dôležitým číslom popisujúce TČ je laboratórne odmeraný priemerný ročný topný faktor (SCOP). COP, SPF a SCOP sú bezrozmerné veličiny [24].

1.3.2 Solárne kolektory

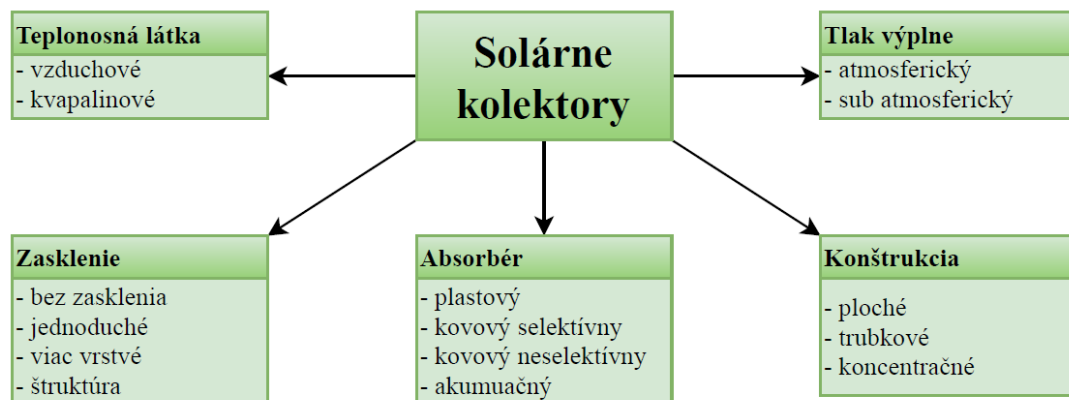
Zariadenie využívajúce slnečné žiarenie, ktorého transformáciou sa získava teplo. Ich použitie v domácnostiach slúži primárne pre zisk teplej vody, ale pri dostatočnom inštalovanom výkone je ich aplikácia vhodná aj pre vykurovanie. Ako teplonosnú látku solárne kolektory používajú kvapalinu alebo vzduch. Systém používajúci kvapalinu je komerčne najviac využívaný. Používaná kvapalina má charakter nemrznúcej zmesi a nie je toxická. Vzduchové solárne panely sú málo rozšírené a používajú sa pre ohrev čerstvého vzduchu pri vetraní. [21]

Plochy definujúce parametre kolektoru: [23]

A. Plocha absorbéru značí plochu premeny slnečného žiarenia v teplo.

B. Plocha apertúry je plochou otvoru, ktorou nesústreďené slnečné žiarenie vstupuje do kolektoru. Výrobcami je udávaná ako vzťahná (porovnávací) plocha kolektorov vzhľadom k vlastnostiam, konštrukcii a kvalite vyhodnotenia.

C. Celková obrysová plocha je plochou celkového povrchu solárneho kolektoru. Výrobcami je udávaná ako vzťahná plocha kolektorov vzhľadom na ich účinnosť.



Obr. 1.11 Konštrukčné kombinácie solárnych kolektorov - preložený a upravený [21].

Typy kolektorov používané pre ohrev teplej vody s možnosťou vykurovania: [21]

A. Plochý selektívny kolektor

Doskový kovový kolektor pohlcujúci slnečné žiarenie je zasklený. Pre lepšiu absorpciu slnečného žiarenia má absorbér čierny pohltivý náter. Pre zníženie tepelných strát sú boky konštrukcie tepelne izolované. Sú využívané pre celoročný ohrev vody s podporou vykurovania.

B. Plochý vákuový kolektor

Zasklený doskový kolektor, nachádzajúci sa blízko kovového absorbéru s čiernym pohltivým náterom absorbuje slnečné žiarenie. Pre zníženie tepelných strát vo vnútri kolektoru je absolútny tlak 1 až 10 kPa. Sú využívané pre celoročný ohrev vody s podporou vykurovania.

C. Trubkový jednostenný vákuový kolektor

Obsahuje plochý absorbér s čiernym pohltivým náterom nachádzajúci sa vo vákuovej trubici. K prenosu tepla s vysokou účinnosťou do teplonosnej látky dochádza zvarovaným spojmom absorbéru. Pre realizáciu sú potrebné vysoké investičné náklady. Používajú sa pre kombinované vykurovacie sústavy a priemyselné využitie pri teplotách nad 100 °C.

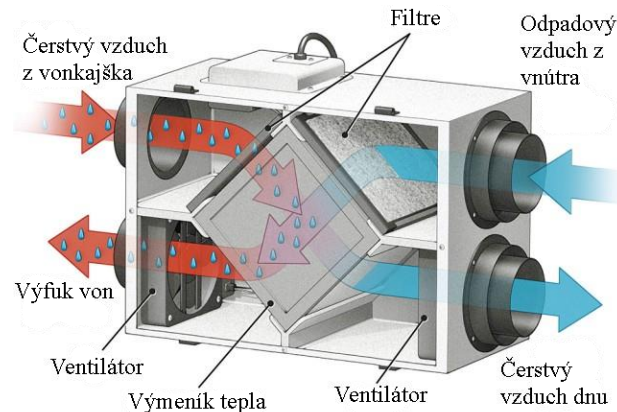
D. Trubkový dvojstenný vákuový kolektor (Sydney)

Obsahuje valcový absorbér s čiernym pohltivým náterom nachádzajúci sa vo vákuovej sklenej trubici. Dosahuje nižšie hodnoty účinnosti, pri nižších teplotách kvôli neideálnemu prenosu tepla z absorpčnej trubice do teplonosnej látky pomocou hliníkovej lišty. Sú vhodné pre kombinované vykurovacie sústavy a priemyselné využitie pri teplotách nad 100 °C.

1.4 Rekuperácia

Systém schopný opätovného získavania tepla odpadového vzduchu na predohrev čerstvého vzduchu. Tepelná výmena je uskutočňovaná pomocou rekuperačnej jednotky. Odsávaný odpadový vzduch odovzdáva svoje teplo výmenníku tepla, obsiahnutého rekuperačnou jednotkou. Získané teplo predhrieva nasávaný čerstvý vzduch. Filtre, nachádzajúce sa v rekuperačnej jednotke, očisťujú vzduch od nežiadúcich častíc (prach, alergény). Typ odstraňovaných častíc je rozdielna od druhu využívaného filtra. Vplyvom rekuperácie dochádza k nútenému vetraniu. Systém umožňuje nielen rekuperáciu tepla ale aj chladu. To sa využíva v letných mesiacoch na zníženie kladených požiadaviek na klimatizáciu. Princíp fungovania rekuperačnej jednotky je ten istý, obsahuje však jednu zmenu. Výmenník tepla absorbuje teplo chladného odsávaného vzduchu, ktoré predáva teplému čerstvému vzduchu (ochladzuje ho) [32].

Hlavnou prednosťou pri využívaní rekuperácie sú znížené tepelné straty vetraním. Kvalitné rekuperačné jednotky dosahujú až 90 % účinnosť. Núteným vetraním sa odstráni problém so zvýšenou vlhkosťou, ktorá spôsobuje problémy u rekonštruovaných objektov (so zvýšením utesnením fasády a okien je potrebné aj viac vetrať). Využitím filtrov sa zvýši kvalita vdychovaného vzduchu. Tento fakt využívajú budovy, v ktorých je nutné hygienické vetranie. Vďaka nútenému vetraniu sú všetky okná dobre izolované a zníži sa hladina hluku [32][33].



Obr. 1.12 Princíp fungovania rekuperácie tepla - preložený [31]

Centrálne rekuperačné jednotky sú ideálne riešenie pre pasívne a nízkoenergetické domy. Pri ich projekcii sa ráta s využitím centrálnej rekuperácie, ktorá vyžaduje rozsiahle inštalácie vzduchotechniky na zabezpečenie prítoku čerstvého vzduchu do požadovaných miestností. Vzhľadom k nutnosti rozvodov, tento systém nie je vhodný pre rekonštruované objekty. Riešením sú decentrálne rekuperačné jednotky vyžadujúce minimálne zásahy do fasád budov. Poskytujú rovnaké výhody ako centrálne rekuperačné jednotky. K výmene vzduchu v miestnosti dochádza pomocou jedného otvoru v stene. Poskytujú flexibilné riešenie filtrácie a rekuperácie vzduchu konkrétnych miestností [34].

1.5 Akumulácia tepla

Pre optimálne fungovanie systému pre vykurovanie a zásob teplej vody je vhodné uvažovať o akumulácii tepla. Tá je využívaná v prípade, že aktuálna produkcia tepla prevyšuje jeho spotrebu. Použitím dynamického kvapalinového tepelného akumulátoru sa zaisťuje vyrovnanie nerovností prevádzky a optimálne fungovanie všetkých súčastí systému. Teplo sa v tepelných zásobníkoch akumuluje krátkodobo alebo dlhodobo. Na území Slovenskej a Českej republiky sú pre potreby akumulácie tepla domácností využívané krátkodobé zásobníky tepla [35].

Delenie krátkodobých zásobníkov tepla: [36]

- A. **Beztlakové** zásobníky sú schopné prijať $2\times$ až $5\times$ viac tepla než tlakové a sú od nich lacnejšie. Pre svoju prevádzku nepotrebujú odborný dohľad. Vysokú účinnosť akumulácie tepla dosahujú vďaka nízkemu počtu energetických premien.
- B. **Homogénny** zásobník tepla je vhodný pre akumuláciu tepla zo solárneho systému.
- C. **Stratifikovaný** (Termosifónový) zásobník využíva rozdielnych, s teplotou sa meniacich hustôt vody, pre jej gravitačné rozvrstvenie. Nízka hodnota tepelnej vodivosti vody pomáha udržiavať jednotlivé teplotné vrstvy stabilné. Na funkčné tepelné vrstvenie je nutné správne rozdistibuovať privádzanú vodu k správnej vrstve. V opačnom prípade dôjde k premiešaniu a stratifikovaný zásobník bude pracovať neefektívne.

Delenie zásobníkov tepla podľa počtu vstupných prúdov: [35]

- A. **Monovalentné** zásobníky akumulujú teplo iba z jedného vstupu. Sú výhodné riešenie pre prerušovanú dodávku tepla (napr. kotol na tuhé palivá je spustený len pre ohriatie teplej vody).
- B. **Bivalentné** zásobníky akumulujú teplo z dvoch zdrojov. Spodná časť zásobníku tepla využíva energiu z kotlu na tuhé palivá alebo zo solárnych panelov. Vrchná časť zásobníku tepla obsahuje jednu alebo viac elektrických vykurovacích vložiek využívajúcich elektrickú energiu počas nízkeho nočného tarifu.
- C. **Trivalentné** zásobníky akumulujú teplo z troch zdrojov. Do spodnej časti zásobníku tepla (najchladnejšia časť) sa privádza zdroj, ktorý je vyhovujúce čo najviac využiť (solárne kolektory, TČ). Do strednej časti zásobníku tepla sa privádza čiastočne regulovateľný zdroj tepla (kotol na tuhé palivo). Vrchná časť zásobníku tepla obsahuje jednu alebo viac elektrických vykurovacích vložiek (v závislosti od objemu zásobníka).
- D. **Viac valentné** majú totožné využitie ako trivalentné. Nutnosťou je však zváženie, či využité zdroje tepla sa navzájom dopĺňajú a či jednotlivé systémy vzájomne nekonkurujú.

2 Súčasný stav objektu

Kapitola bakalárskej práce zaoberajúca sa popisom objektu, určením jeho tepelných strát a popisom jednotlivých súčastí aktuálneho systému zabezpečujúceho teplo a zásoby teplej vody.

2.1 Popis objektu

Rodinný dom sa nachádza v dedine Rozhanovce, 7 kilometrov od mesta Košice. Je umiestnený v radovej zástavbe orientovanej z juhu na sever. Objekt disponuje 3 podlažiami (suterén a 2 poschodia), pričom obývané (vykurované) sú obe poschodia.

Tab. 2.1 Charakteristika objektu [30].

Objem vykurovanej časti budovy	439,01 m ³
Celková plocha ⁷	520,36 m ²
Celková podlahová plocha vykurovaných priestorov	173,02 m ²
Trvalý tepelný zisk ⁸	240 W
Solárne tepelné zisky ⁹	1185 kWh/rok

Objekt od stavby z roku 1987 prešiel radou rekonštrukcií. V roku 2011 bol modernizovaný systém pre vykurovanie a zásoby teplej vody do podoby aktuálneho systému vykurovania, popísaného v kapitole 2.3. V roku 2016 boli na objekte vymenené okná a strecha. Posledná rekonštrukcia bola realizovaná v roku 2018, kedy bol objekt kompletne zateplený.



Obr. 2.1 Fotka objektu

⁷ Súčet vonkajších plôch, ochladzovaných konštrukcií ohraničujúcich objem budovy [30].

⁸ Teplo produkované spotrebičmi a osobami žijúcimi v objekte [30].

⁹ Približný výpočet podľa vyhlášky č. 291/2001 Sb [30].

2.2 Tepelné straty objektu

Tepelné straty rodinného objektu boli vyčíslené podľa online kalkulačky úspor a dotácii Zelená úsporám, dostupné na stránkach tzb-info. Vzhľadom k absencii slovenských miest v online kalkulačke bolo nutné zistiť mesto, ktorého parametre vplývajúce na tepelné straty sú najbližšie parametrom platným pre Košice. Týmto parametrom sa najviac priblížilo mesto Opava, pričom jediným rozdielom bola kratšia topná sezóna¹⁰ o 2 dni.

Tab. 2.2 Použité parametre vplývajúce na tepelné straty [30].

Prevažujúca vnútorná teplota vykurovacieho obdobia	20 °C
Vonkajšia návrhová teplota v zimnom období	-15 °C
Dĺžka vykurovacieho obdobia	228 dní
Priemerná vonkajšia teplota vykurovacieho obdobia	3,5 °C

Hodnota tepelných strát rodinného domu pre celú vykurovaciu sezónu je 102,6 kWh/m² respektíve, 8,875 kW. Táto hodnota zaradí rodinný dom na energetickom štítku na úroveň C2.

Tab. 2.3 Tepelné straty jednotlivých konštrukcií [30].

Typ konštrukcie	Tepelná strata [kW]	%
Obvodový plášť	1,144	12,9
Podlaha	1,906	21,5
Strecha	2,100	23,7
Okná, dvere	1,142	12,9
Tepelné mosty	0,364	4,1
Vetranie	2,219	25,0
Celkom	8,875	100,0

Pomocou výpočtovej pomôcky potreby tepla pre vykurovanie a ohrev teplej vody (TV), dostupnej webe tzb-info, sa určila celková ročná potreba energie pre vykurovanie a ohrev teplej vody (Q_r). Ďalej sa podľa výpočtovej pomôcky vypočítala ročná potreba energie pre vykurovanie ($Q_{VT,r}$) a ročná potreba energie pre ohrev teplej vody ($Q_{TV,r}$).

Tab. 2.4 Ročné potreby energie.

Q_r	88,4	GJ/rok	/	24,5	MWh/rok
$Q_{VT,r}$	70,5	GJ/rok	/	19,6	MWh/rok
$Q_{TV,r}$	17,9	GJ/rok	/	5,0	MWh/rok

¹⁰ Vykurovacia sezóna trvá od 1. septembra do 31. mája, pričom s vykurovaním sa začína ak 2 dni po sebe v tomto časovom intervale klesne maximálna teplota dňa pod 13 °C.

2.3 Aktuálny systém vykurovania

Systém vykurovania skúmaného objektu ponúka komplexné zabezpečenie tepla pre vykurovanie a ohrev teplej vody. Na pokrytie potrieb tepla sa využíva kotol na tuhé palivo a kondenzačný kotol na zemný plyn. Vzhľadom k dostupnosti a nízkej cene kusového dreva, je primárne využívaný kotol na tuhé palivo. Vďaka sprísňujúcim sa európskym emisným limitom, ktoré definuje EN 303-5, s prevádzkou aktuálne využívaného kotla na tuhé palivo návrhy nových systémov nepočítajú a od vykurovacej sezóny 2022/2023 bude jeho prevádzka ukončená. Kondenzačný kotol na zemný plyn je využívaný pri nečinnosti kotla na tuhé palivo na udržanie požadovanej teploty. Potrebu teplej vody primárne zaobstaráva aktuálne využívané spaľovacie zariadenie a sekundujú mu solárne kolektory, ktoré pokrývajú 1/3 ročnej potreby teplej vody. Pre akumuláciu prebytkovej teplej vody je na systém napojený zásobník teplej vody. Ako sa v kapitole 2.1 uvádza, systém vykurovania bol realizovaný v roku 2011. V tom čase objekt neprešiel radou rekonštrukcii a vykazoval väčšie tepelné straty. Pre aktuálnu hodnotu tepelných strát (8,875 kW) je systém predimenzovaný a jeho modernizáciou dôjde k zníženiu prevádzkových nákladov a produkcii emisií.

A. Kotol na tuhé palivo: [41]

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| • Teplovodný kotol: | Buderus G 211-32D |
| • Rozsah výkonu: | 13 - 25 kW |
| • Doba horenia: | 2 hod |
| • Emisná trieda podľa EN 303-5: | 1 |
| • Účinnosť: | 78 - 82 % |
| • Prípustný prevádzkový tlak: | 4 bar |
| • Tepelný spád: | 80/60 °C ¹¹ |



Obr. 2.2 Buderus G 211-32D [37].

B. Plynový kotol: [42]

- | | |
|-------------------------------|--------------------------|
| • Teplovodný kotol: | Buderus GB 162-25 |
| • Výkon: | 25 kW |
| • Výkonový rozsah: | 19 - 100 % |
| • Účinnosť: | 110,5 % |
| • Spotreba plynu: | 2,52 m ³ /hod |
| • Prípustný prevádzkový tlak: | 3 bar |
| • Tepelný spád: | 70/50 °C |



Obr. 2.3 Buderus GB162-25 [39].

¹¹ Teplota vratnej vody nesmie klesnúť pod 60 °C kvôli riziku vzniku nízkoteplotnej korózie.

C. Solárne kolektory: [43]

- Odolné zrkadlá s keramickým povrchom pre dlhú životnosť
- 12 vákuových trubíc
- Solárne kolektory: Buderus Vaciosol CPC12
- Plocha absorbéra: 2,6 m²
- Očakávaný ročný výkon: 611 kWh/m²a
- Reálny ročný výkon¹²: 475 kWh/m²a
- Max. teplota za klľudu: 295 °C
- Max. pretlak: 10 bar
- Účinnosť: 55 - 67 %
- Solárna látka: Tyfocor LS



Obr. 2.4 Vaciosol CPC12 [40].

D. Zásobník teplej vody: [44]

- Názov: Buderus Logalux PL 750/2
- Typ akumuláčného zásobníku: Termosifónový
- Objem zásobníku: 750 l
- Max. teplota teplej vody: 95 °C
- Max. tlak teplej vody: 10 bar
- Max. teplota solárneho okruhu: 110 °C
- Max. tlak solárneho okruhu: 8 bar



Obr. 2.5 Logalux PL 750/2 [38].

¹² Spriemerovaný ročný výkon z obdobia od roku 2011 do roku 2020, odčítaný z regulátora MEC 2 LOGAMATIC solárnych kolektorov.

3 Návrh nových systémov vykurovania

Kapitola bakalárskej práce zaoberajúca sa popisom parametrov a cien navrhnutých systémov pre vykurovanie a zásoby teplej vody.

3.1 Navrhovaný systém 1: Splyňovací kotol + akumulčná nádrž

Táto alternatíva ráta s výmenou kotla Buderus G 211-32D za splyňovací kotol Attack DPX 15 Profi. Výmenou vzniká požiadavka pre väčší objem akumulčnej nádrže (min 800 l). Túto požiadavku Buderus Logalux PL 750 so svojím objemom 750 l nespĺňa a nahradí sa akumulčnou nádržou ATTACK AK 1000K s objemom 915 l. Tento zásobník obsahuje jeden oddelený výmenník tepla, kompatibilný s aktuálne využívaným solárnym systémom. Všetky ostatné komponenty sústavy pre vykurovanie a zásob TV ostajú nezmenené [45][46][47].

3.1.1 Splyňovací kotol

•	Názov kotla:	Attack DPX 15 Profi
•	Rozsah výkonu:	7,5 - 15 kW
•	Účinnosť:	91,3 %
•	Plocha výmenníka:	1,98 m ²
•	Max. pracovný pretlak:	2,5 bar
•	Objem palivovej šachty:	82 dm ³
•	Doba horenia:	až do 12 hodín
•	Palivo:	kusové drevo
•	Max dĺžka polien:	350 mm
•	Objem akumulčnej nádrže:	800 - 1500 l
•	Emisná trieda podľa EN 303-5:	5
•	Cena s DPH:	1 298,7 €
•	Cena s DPH:	33 779,2 CZK ¹³



Obr. 2.6 Attack DPX 15 Profi [45].

3.1.2 Akumulčná nádrž:

•	Názov akumulčnej nádrže:	ATTACK AK 1000K
•	Objem zásobníku:	915 l
•	Max. teplota v zásobníku:	95 °C
•	Max. tlak v zásobníku:	3 bar
•	Tlak v solárnom výmenníku:	9 bar
•	Tlak v zásobníku TV:	6 bar
•	Polyuretánová izolácia:	100 mm
•	Cena s DPH:	674,1 €
•	Cena s DPH:	17 533,6 CZK



Obr. 2.7 ATTACK AK 1000K [46].

¹³ Všetky prevody medzi EUR na CZK boli uskutočnené pri kurze 1 € = 26,01 CZK.

3.2 Navrhovaný systém 2: Automatický kotol

Táto alternatíva ráta s výmenou kotla Buderus G 211-32D za automatický kotol ATMOS D15PX spaľujúci pelety. Kotol ako zariadenie už zahrňuje horák, zásobník na pelety a peletový dopravník (dôvod vyššej ceny). Všetky ostatné komponenty sústavy pre vykurovanie a zásob TV ostajú nezmenené [48].

•	Názov kotla:	ATMOS D15PX
•	Rozsah výkonu:	4,5 - 15 kW
•	Účinnosť:	90 %
•	Plocha výmenníka:	1,9 m ²
•	Max. pracovný pretlak:	2,5 bar
•	Palivo:	pelety (6 - 8 mm)
•	Objem palivového zásobníka:	175 l
•	Objem akumulácie nádrže:	500 l
•	Emisná trieda podľa EN 303-5:	5
•	Cena s DPH:	3 766,54 €
•	Cena s DPH:	97 967,7 CZK



Obr. 2.8 ATMOS D15PX [48].

3.3 Navrhovaný systém 3: Tepelné čerpadlo

Táto alternatíva s nahradzuje aktuálne využívaný kotol Buderus G 211-32D na tuhé palivo monoblokovým tepelným čerpadlom Viessmann Vitocal 100A. Tento typ TČ je schopný prevádzky počas celej vykurovacej sezóny s predpokladom, že minimálna teplota neklesne pod -20 °C. Všetky ostatné komponenty sústavy pre vykurovanie a zásob TV ostajú nezmenené [49][50].

•	Typ tepelného čerpadla:	Viessmann Vitocal 100A- AWO-M-AC 101.A14
•	Minimálny tepelný výkon:	7,54 kW
•	Menovitý tepelný výkon:	14,10 kW
•	Maximálny tepelný výkon:	15,23 kW
•	Elektrický príkon ¹⁴ :	2,91 kW
•	COP ¹⁵ :	3,09
•	SCOP ¹⁶ :	4,48
•	Energetická účinnosť ¹⁷ :	A+++ / A++
•	Akustický tlak ¹⁸ :	52,7 dBA
•	Cena s DPH:	7763,67 €
•	Cena s DPH:	201 933 CZK



Obr. 2.9 Viessmann Vitocal 100A [50].

¹⁴ Podmienky platnosti hodnôt: vonkajšia teplota vzduchu 7 °C; teplota vody na vstupe/výstupe 40/45 °C. [49]

¹⁵ Hodnota platná pre vonkajšiu teplotu 3,5 °C a teplotu vystupujúcu z TČ 50 °C získaná pomocou interpolácie hodnôt dostupných v Technickom liste [49].

¹⁶ Priemerné klimatické podmienky; bivalentná teplota -7 °C; vstupná/výstupná teplota vody 30/35 °C.

¹⁷ Závisí od výstupnej teploty vody: 35 °C = A+++ / 55 °C = A++ [49].

¹⁸ Platí pre vzdialenosť 1 meter.

3.4 Navrhovaný systém 4: Solárne kolektory + akumulčná nádrž

Návrh ráta s pridaním 4 kusov solárnych panelov Buderus Vaciosol CPC12 (solárne panely používané aktuálnym vykurovacím systémom). Zväčšením plochy absorbéru kolektorov sa zvýši aj požadovaný objem akumulčnej nádrže na 1300¹⁹ litrov (vzniká potreba pre výmenu akumulčnej nádrže). Zvolená bola akumulčná nádrž KXT1 1500l d1000, ktorá je kompatibilná s prevádzkou solárnych kolektorov. Potrebu tepla pre vykurovanie zaobstaráva kondenzačný kotol na ZP Buderus GB 162-25, ktorý nahradí kotol na tuhé palivo Buderus G 211-32D nespĺňajúci emisné limity [54][55].

3.4.1 Solárne kolektory:

- | | |
|----------------------|------------------------|
| • Solárne kolektory: | Buderus Vaciosol CPC12 |
| • Cena s DPH: | 5 284,74 € |
| • Cena s DPH: | 137 456 CZK |

3.4.2 Akumulčná nádrž:

- | | |
|------------------------|------------------|
| • Akumulčná nádrž: | KXT1 1500l d1000 |
| • Prevádzková teplota: | 0 - 90 °C |
| • Prevádzkový tlak: | 3 bar |
| • Cena s DPH: | 1 142,06 € |
| • Cena s DPH: | 29 705 CZK |



Obr. 2.10 KXT1 1500l d1000 [55].

¹⁹ Táto hodnota bola určená na základe zjednodušeného predpokladu: 1 m² plochy absorbéru = 50 litrov akumulčnej nádrže [59].

4 Prevádzkové náklady systémov

Kapitola bakalárskej práce zaoberajúca sa výpočtom prevádzkových nákladov jednotlivých systémov.

4.1 Aktuálne využívaný systém

A. Teplo premenené spaľovaním kusového dreva za rok

Počas vykurovacej sezóny sa spáli pomocou kotla na tuhé palivo Buderus G 211-32D v priemere 5500 kg kusového dreva, pri jeho cene 192,5 € resp. 5006,9 CZK. V tejto cene nie sú zarátané náklady spojené s jeho narezaním, štiepením a skladovaním.

$$Q_{D,0} = m_{pal,0} \cdot Q_{i,D} \cdot \eta_D \quad \text{rov. 4}$$

$$\begin{aligned} Q_{D,0} &= (5500 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 0,77) J \\ &= 63,52 GJ \\ &= 17\,644,4 kWh \end{aligned}$$

$m_{pal,0}$	hmotnosť paliva spaľeného za rok	[kg]
$Q_{D,0}$	teplo získané spaľovaním kusového dreva v aktuálnom systéme	[GJ]
$Q_{i,D}^r$	výhrevnosť kusového dreva vid' Tab. I	[MJ]
η_D	účinnosť ²⁰ spaľovacieho systému na tuhé palivo	[-]

B. Teplo produkované solárnymi kolektormi

Priemerná ročná hodnota tepla získaného zo solárnych kolektorov (Q_{SK}) v období od roku 2011 do roku 2020 dosiahla 3703,7 kWh, resp. 13,33 GJ. Tento výkon bol odčítaný z regulátora MEC 2 LOGAMATIC solárnych kolektorov a jeho hodnota je uvažovaná pri výpočte prevádzkových nákladov novo navrhovaných systémov.

C. Potreba paliva (zemného plynu) na rok

Pomocou rov. 4 bolo zistené potrebné teplo, ktoré musí dodať kondenzačný kotol na ZP. Pri uvažovaní ceny 0,036 € resp. 0,936 CZK za 1 kWh zemného plynu (Tarifa D2) a fixnou mesačnou sadzbou 6,91 € resp. 179,7 CZK, ročné náklady na prevádzku kondenzačného kotla na ZP dosiahnu 198,41 € resp. 5160,6 CZK [57].

$$Q_{ZP,0} = Q_r - Q_D - Q_{SK} \quad \text{rov. 5}$$

$$\begin{aligned} Q_{ZP,0} &= (88,4 - 63,52 - 13,33) GJ \\ &= 11,55 GJ \\ &= 3\,208,3 kWh \end{aligned}$$

²⁰ Získaná vynásobením účinnosti kotla na tuhé palivo (82 %) a účinnosti teplovodných rozvodov (94 %).

$$N_{ZP,0} = Q_{ZP,0} \cdot C_{ZP} + 12 \cdot C_{ZP,m} \quad \text{rov. 6}$$

$$\begin{aligned} N_{ZP,0} &= (3\,208,3 \cdot 0,936 + 12 \cdot 179,7) \text{ CZK} \\ &= 5\,160,6 \text{ CZK} \end{aligned}$$

$Q_{ZP,0}$	teplo získané spaľovaním ZP aktuálneho systému	[GJ]
Q_r	teplo potrebné objektom pre vykurovanie a zásobu TV	[GJ]
$N_{ZP,0}$	náklady na ZP v aktuálnom systéme	[CZK/€]
C_{ZP}	cena zemného plynu za 1 kWh	[CZK/€]
$C_{ZP,m}$	fixná mesačná sadzba pre prevádzku elektrickej prípojky	[CZK/€]

Tab. 4.1 Ročné náklady aktuálneho systému

Palivo	Množstvo	Cena v €	Cena v CZK
Kusové drevo	5500,0 kg	192,50	5006,9
Zemný plyn	3208,3 kWh	198,41	5160,6
Celkovo		390,91	10167,5

D. Prevádzkové náklady systému od vykurovacej sezóny 2022/2023

V prípade neuskutočnenia realizácie ani jedného navrhovaného systému je nutné vypočítať prevádzkové náklady pri použití kondenzačného kotla na ZP Buderus GB 162-25 ako primárneho zdroja tepla (vďaka EN 303-5 bude prevádzka kotla na tuhé palivo Buderus G 211-32D od septembra roku 2022 zakázaná). Od tejto hodnoty prevádzkových nákladov je vypočítaná doba návratnosti jednotlivých navrhovaných systémov.

$$Q_{ZP,0} = Q_r - Q_{SK,0} \quad \text{rov. 7}$$

$$\begin{aligned} Q_{ZP,0} &= (88,4 - 13,33) \text{ GJ} \\ &= 75,07 \text{ GJ} \\ &= 20\,852,77 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$N_{21-22} = Q_{ZP,0} \cdot C_{ZP} + 12 \cdot C_{ZP,m} \quad \text{rov. 8}$$

$$\begin{aligned} N_{21-22} &= Q_{ZP,0} \cdot C_{ZP} + 12 \cdot C_{ZP,m} \\ &= (20\,852,7 \cdot 0,936 + 12 \cdot 179,7) \text{ CZK} \\ &= 21\,674,6 \text{ CZK} \end{aligned}$$

$$N_{22/23} \quad \text{prevádzkové náklady systému od vykurovacej sezóny 2022/2023} \quad [\text{CZK/€}]$$

4.2 Navrhovaný systém 1: Splyňovací kotol

Výpočet prevádzkových nákladov navrhovaného systému 1 využívajúci splyňovací kotol Attack DPX 15 Profi uvažuje so spálením $m_{pal} = 5500 \text{ kg}$ (rovnaké množstvo ako súčasný systém) a rovnakou hodnotou tepla vyprodukovaného solárnymi kolektormi $Q_{SK} = 3703,7 \text{ kWh}$. Zvyšné potrebné teplo je dodávané kondenzačným kotlom na ZP.

$$Q_{D,1} = m_{pal,0} \cdot Q_{i,D} \cdot \eta_S \quad \text{rov. 9}$$

$$\begin{aligned} Q_{D,1} &= (5500 \cdot 15 \cdot 10^6 \cdot 0,858) \\ &= 70,78 \text{ GJ} \end{aligned}$$

$Q_{i,D}$	výhrevnosť dreva	[MJ]
$Q_{D,1}$	teplo získané spaľovaním kusového dreva navrhovaného systému 1	[GJ]
η_S	účinnosť ²¹ splyňovacieho systému na tuhé palivo	[-]

$$Q_{ZP,1} = Q_r - Q_D - Q_{SK,0} \quad \text{rov. 10}$$

$$\begin{aligned} Q_{ZP,1} &= (88,4 - 70,78 - 13,33) \text{ GJ} \\ &= 4,29 \text{ GJ} \end{aligned}$$

$Q_{ZP,1}$	teplo získané spaľovaním ZP navrhovaného systému 1	[GJ]
------------	--	------

$$N_{ZP,1} = Q_{ZP,1} \cdot C_{ZP} + 12 \cdot C_{ZP,m} \quad \text{rov. 11}$$

$$\begin{aligned} N_{ZP,1} &= (1\,191,6 \cdot 0,936 + 12 \cdot 179,7) \text{ CZK} \\ &= 3\,271,7 \text{ CZK} \end{aligned}$$

$N_{ZP,1}$ náklady na ZP v navrhovanom systéme 1

Tab. 4.2 Ročné náklady navrhovaného systému 1

Palivo	Množstvo	Cena v €	Cena v CZK
Kusové drevo	5500,0 kg	192,50	5006,9
Zemný plyn	1191,6 kWh	125,82	3271,7
Celkovo		318,32	8278,6

4.3 Navrhovaný systém 2: Automatický kotol

Výpočet prevádzkových nákladov navrhovaného systému 2 využívajúci automatický kotol ATMOS D15PX uvažuje s rovnakou produkciou tepla pomocou drevnej biomasy ako navrhovaný systém 1. To znamená že $Q_{D,1} = Q_{D,2}$. Uvažovaná cena peliet za 1 kg je 0,211 €/5,49 CZK, pri výhrevnosti ≥ 17 MJ/kg [51]. Zvyšné teplo bude systému dodávané pomocou kondenzačného kotla na ZP Buderus GB 162-25 (totožné množstvo s navrhovaným systémom 1).

$$m_{pal,1} = \frac{Q_{D,2}}{Q_{i,P}^r \cdot \eta_A} \quad \text{rov. 12}$$

²¹ Získaná vynásobením účinnosti splyňovacieho kotla (91,3 %) a účinnosti teplovodných rozvodov (94 %).

$$m_{pal,1} = \frac{70,78 \cdot 10^9}{17 \cdot 10^6 \cdot 0,846} \text{ kg} \\ = 4\,921,4 \text{ kg}$$

$m_{pal,1}$	hmotnosť spálených peliet	[kg]
$Q_{D,2}$	teplo získané spaľovaním peliet	[GJ]
$Q_{i,p}^r$	výhrevnosť peliet [51]	[MJ]
η_A	účinnosť ²² systému využívajúci automatický kotol	[-]

Tab. 4.3 Ročné náklady navrhovaného systému 2

Palivo	Množstvo	Cena v €	Cena v CZK
Pelety	4 921,4 kg	1 038,40	27 008,8
Zemný plyn	1 191,6 kWh	125,82	3 271,7
Celkovo		1 164,22	30 80,5

4.4 Navrhovaný systém 3: Tepelné čerpadlo

Výpočet prevádzkových nákladov navrhovaného systému 3 ráta s hodnotou topného faktoru $COP_{3,5^\circ\text{C}} = 3,09$ planú pre priemernú vonkajšiu teplotu počas vykurovacej sezóny $T_{\text{von}} = 3,5^\circ\text{C}$ a teplotu vody vychádzajúcej z TČ $T_{\text{out}} = 50^\circ\text{C}$. Vyššia hodnota teploty vody vychádzajúcej z TČ nie je potrebná vďaka vlastnosti využívaných radiátorov, ktoré sú schopné vykúriť objekt aj pri tejto teplote. Bivalentná²³ teplota T_{biv} bola zvolená hodnota -10°C a zvyšné teplo (50%) bude dodávané kondenzačným plynovým kotlom. Počas vykurovacej sezóny 2020/ 2021 bolo pre Košice zaznamenaných 10 dní, počas ktorých teplota klesla na hodnotu -10°C a nižšie [53]. Uvažovaná cena elektrickej energie C_{el} zodpovedá 0,0661 € resp. 1,719 CZK za 1 kWh a patrí do nízkeho tarifu DD5. Sadzba mesačnej prevádzky elektrickej prípojky $C_{el,m}$ stojí 0,9 € resp. 23,4 CZK [52].

$$Q_{10} = \frac{Q_r - Q_{SK,0}}{N_{VS}} * N_{-10} * asd \quad \text{rov. 13}$$

$$Q_{10} = \left(\frac{88,4 - 13,33}{228} * 10 * 0,5 \right) \text{ kg} \\ = 1,646 \text{ GJ} \\ = 457,2 \text{ kWh}$$

N_{VS}	počet dní vykurovacej sezóny	[dni]
asd	percento tepla ktoré bude zabezpečovať kotol na ZP	[%]
N_{-10}	počet dní pri ktorých klesne teplota po -10°C	[dni]
Q_{10}	50 % tepla ktoré pokryje kotol na ZP počas 10 dní	[kWh]

²² Získaná vynásobením účinnosti automatického kotla (90 %) a účinnosti teplovodných rozvodov (94 %).

²³ Navrhnutá teplota, od ktorej zdroj tepla nebude vykurovať objekt na 100% ale iba na projektantom zvolenú hodnotu. Zvyšok tepla bude dodávané pomocou záložného zdroja tepla.

$$N_{TC,3} = \frac{Q_r - Q_{10} - Q_{SK,0}}{COP_{t=3,5^\circ C}} \cdot C_{el} + C_{el,m} \cdot 12 + \frac{Q_{10}}{\eta_{ZP}} \cdot C_{ZP} + 12 \cdot C_{ZP,m} \quad \text{rov. 14}$$

$$\begin{aligned} N_{TC,3} &= \frac{24500 - 457,2 - 3703,7}{3,09} \cdot 1,719 + 23,4 \cdot 12 + \frac{457,2}{1,0387} \cdot 0,936 + 12 \cdot 179,7 \\ &= 14\,164,1 \text{ CZK} \end{aligned}$$

$N_{TC,3}$	ročné náklady navrhovaného systému 3	[CZK/€]
C_{el}	cena elektrickej energie	[CZK/€]
$C_{el,m}$	mesačná sadzba prevádzky elektrickej prípojky	[CZK/€]

Tab. 4.4 Ročné náklady navrhovaného systému 3

Palivo	Množstvo	Cena v €	Cena v CZK
El. energia	20 339,1 kWh	445,77	11 594,5
Zemný plyn	457,2 kWh	98,75	2 568,4
Celkovo		544,52	14 629

4.5 Navrhovaný systém 4: Solárne kolektory + akumulčná nádrž

Výpočet prevádzkových nákladov navrhovaného systému 4 je založený na reálnych hodnotách produkovaného výkonu aktuálne využívaného solárneho systému. Ten počas svojej celoročnej prevádzky produkuje 3703,7 kWh tepla. Zvýšením počtu solárnych kolektorov na 7 kusov (84 trubíc) sa táto hodnota produkcie tepla zvýši na 8641,9 kWh / 27,51 GJ.

$$Q_{ZP,4} = Q_r - Q_{SK,4} \quad \text{rov. 15}$$

$$\begin{aligned} Q_{ZP,4} &= (88,4 - 27,51) \text{ GJ} \\ &= 60,89 \text{ GJ} \\ &= 16\,913,8 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$Q_{ZP,4}$ množstvo zemného plynu návrhového systému 4 [kWh]

$$N_{ZP,4} = Q_{ZP,4} \cdot C_{ZP} + 12 \cdot C_{ZP,m} \quad \text{rov. 16}$$

$$\begin{aligned} N_{ZP,4} &= (16\,913,8 \cdot 0,936 + 12 \cdot 179,7) \text{ CZK} \\ &= 17\,800,5 \text{ CZK} \end{aligned}$$

$N_{ZP,4}$ cena zemného plynu návrhového systému 4 [CZK/€]

Tab. 4.5 Ročné náklady navrhovaného systému 4

Palivo	Množstvo	Cena v €	Cena v CZK
Zemný plyn	16913,8 kWh	684,37	17 800,5
Celkovo		684,37	17 800,5

5 Finančné zhodnotenie

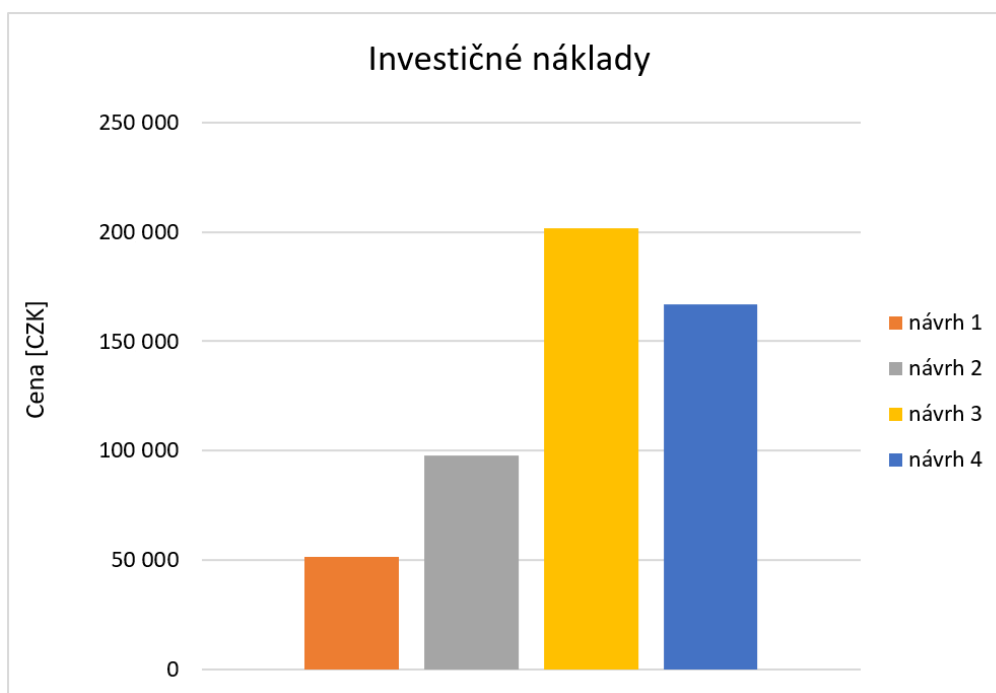
Kapitola bakalárskej práce vykresľujúca grafy finančného zhodnotenia. Používa údaje, vypočítané v kapitole č.4, a prenáša ich do grafov na investičné náklady, prevádzkové náklady, dobu návratnosti a náklady na prevádzku počas 26 rokov.

Tab. 5.1 Porovnanie finančných aspektov jednotlivých systémov.

		Aktuálny	Návrh 1	Návrh 2	Návrh 3	Návrh 4
Cena realizácie	[CZK]	0,0	51 312,5	97 967,7	201 933,1	167 161,1
Ročné náklady	[CZK]	21 674,7	6 934,3	28 936,1	14 164,0	17 994,2
Doba návratnosti	[roky]	0,0	3,5	N/A	26,9	45,4
Celkové náklady ²⁴	[CZK]	563 541,0	231 603,4	850 307,0	570 197,2	635 001,3

5.1 Grafy finančného zhodnotenia

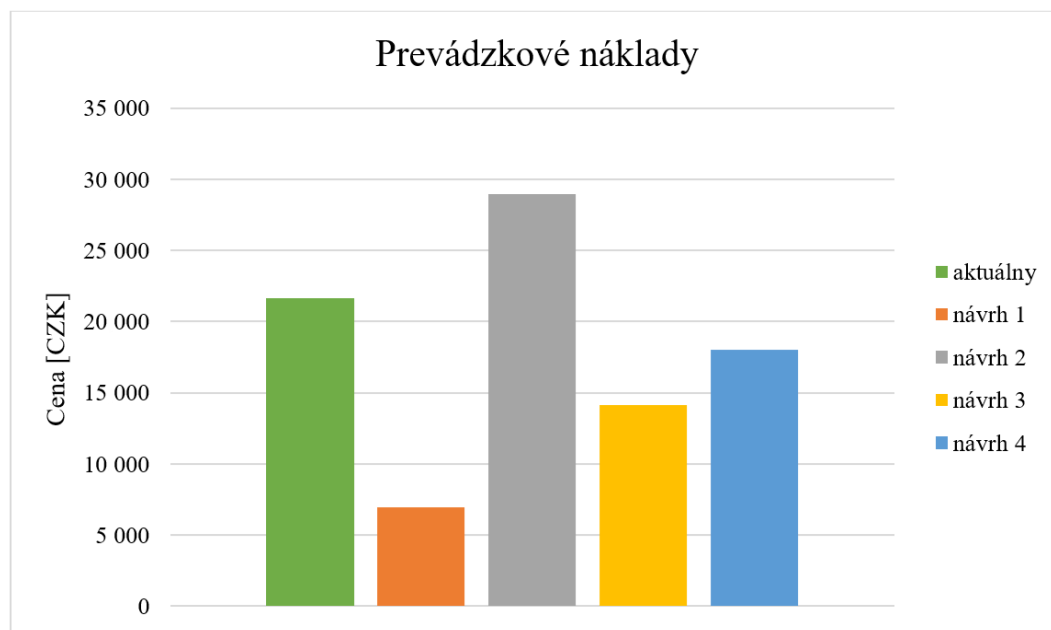
Graf investičných nákladov zobrazuje jednotlivé čiastky nutné pre realizáciu jednotlivých navrhovaných systémov. Je zrejmé, že najnižšie investičné náklady sú u návrhu 1 a ďalej vzostupne nasledujú návrh 2, návrh 4 a najdrahší návrh 3.



Obr. 5.1 Investičné náklady.

²⁴ Počiatočné náklady + prevádzka počas 26 rokov.

Graf prevádzkový nákladov zobrazuje cenu ročných nákladov systému.

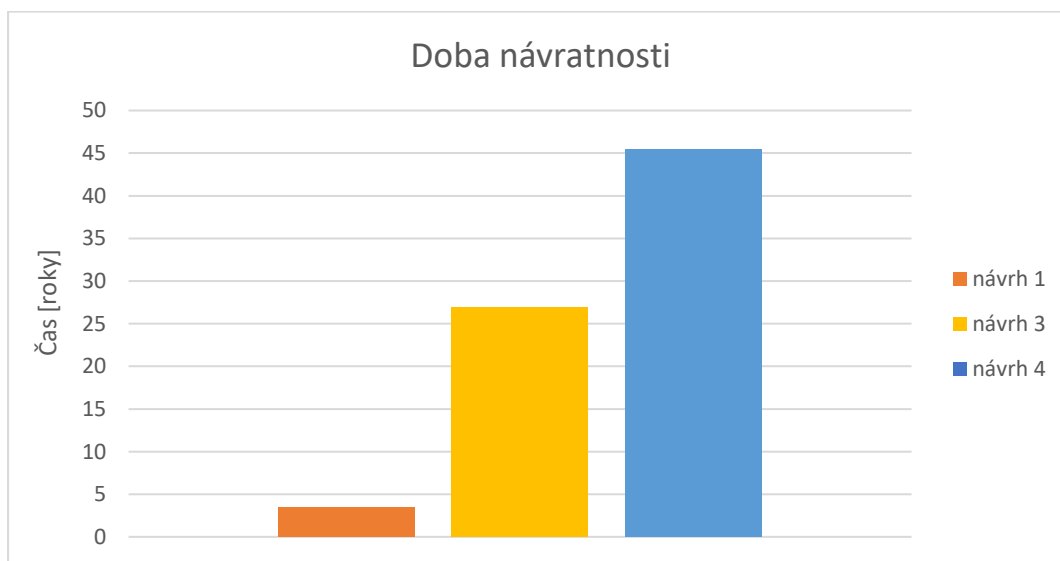


Obr. 5.2 Prevádzkové náklady

Doba návratnosti je definovaná vzorcom vid' Rov. 17.

$$D_N = \frac{N_i}{N_{22/23} - N_i} \quad \text{Rov. 17}$$

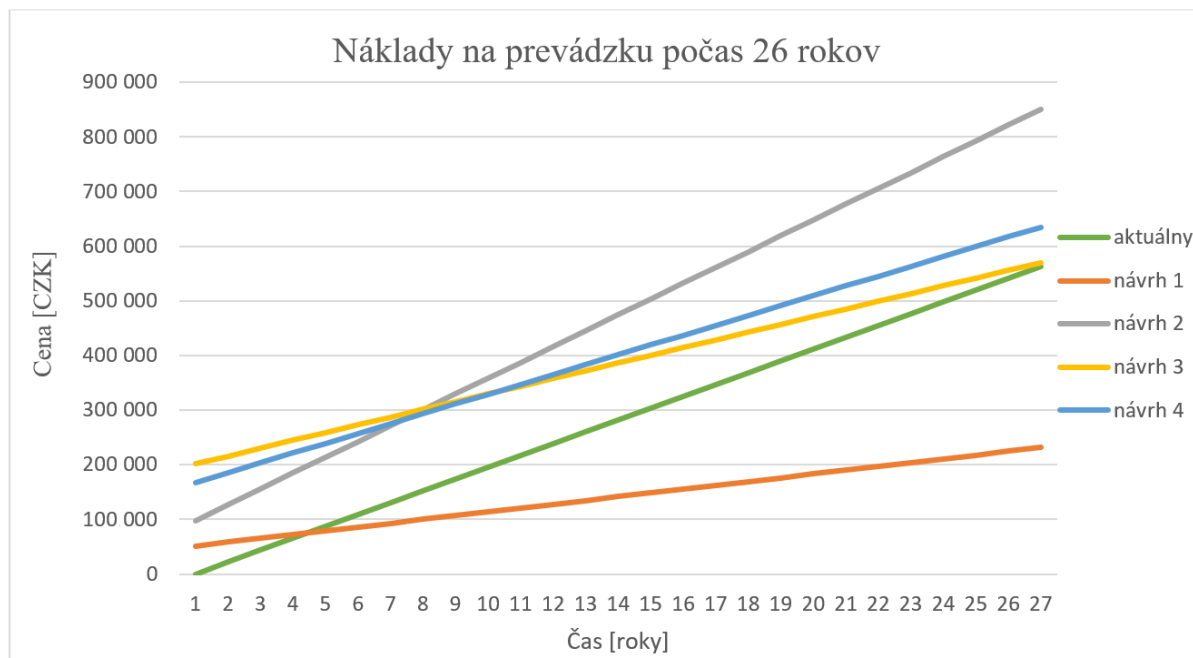
D_N	doba návratnosti	[rok]
N_i	prevádzkové náklady jednotlivých systémov	[CZK/€]



Obr. 5.3 Doba návratnosti

Vzhľadom k vysokým prevádzkovým nákladom (vyššie než prevádzkové náklady aktuálne

využívaného systému vo vykurovacej sezóne 2022/2023) navrhovaného systému 2 (automatický kotol na pelety), doba návratnosti neexistuje a preto v grafe 3 nie je uvažovaná. Hranica 26 rokov bola určená na základe doby návratnosti navrhovaného systému 3.



Obr. 5.4 Náklady na prevádzku počas 26 rokov.

5.2 Zhodnotenie jednotlivých systémov

Aktuálne využívaný systém doposiaľ poskytoval vďaka nízkej cene drevnej biomasy výhodnú cenu prevádzky (neuvažujúc prácu spojenú so spracovaním palivového dreva). To sa však vo vykurovacej sezóne 2022/2023 zmení. Ročné náklady na prevádzku sa zvýšia 2,13 násobne a vykurovací systém stratí možnosť variability spôsobu zisku tepla.

Realizácia navrhovaného systému 1, primárne využívajúca splynovací kotol Attack DPX 15 Profi, zvýši účinnosť systému a zníži produkované emisie splňujúce EN 303-5. Z finančného hľadiska táto alternatíva zníži ročné prevádzkové náklady na hodnotu 6 934,3 CZK, pri dobe návratnosti 3,5 roku. Zo všetkých navrhnutých systémov dosahuje najnižšie investičné náklady a celkové najnižšie prevádzkové náklady počas 26 rokov. Jej jediná nevýhoda je nutnosť ručného dokladania paliva a práce spojenej s jeho spracovaním a skladovaním. Ako jediná, pri podmienke manuálnej práce, je schopná poskytnúť takéto nízke prevádzkové náklady.

Realizácia navrhovaného systému 2, primárne využívajúca automatický kotol ATMOS D15PX, zvýši účinnosť systému a zníži produkované emisie splňujúce EN 303-5. Je druhým najlacnejším systémom na realizáciu, poskytuje automatickú prevádzku s minimom údržby, ale vďaka vysokej cene peliet je najdrahším na prevádzku. To spôsobuje, že pri ňom neexistuje doba návratnosti a z finančného hľadiska sa realizácia tohto systému nevyplatí.

Realizácia navrhovaného systému 3, využívajúca tepelné čerpadlo Viessmann Vitocal 100A, je schopná na 100 % pokryť potrebu tepla až do teploty -10°C . Vďaka využitiu nízkeho tarifu

elektrickej energie DD5 poskytuje ročné prevádzkové náklady 14 164 CZK pri dobe návratnosti 26,9 roka. Takáto vysoká hodnota doby návratnosti je už na hrane životnosti jednotlivých komponentov systému a finančná investícia sa nemusí vrátiť. Taktiež počiatočné investičné náklady navrhovaného systému 3 sú najvyššie z pomedzi alternatív. Na druhej strane tento systém poskytne takmer bez údržbovú prevádzku vykurovania a zásob TV.

Realizácia navrhovaného systému 4, pridávajúca 4 ks aktuálne využívaných solárnych panelov Buderus Vaciosol CPC12, predstavuje druhú najvyššiu počiatočnú investíciu a najdlhšiu uvažovanú dobu návratnosti 45 rokov. Takáto doba návratnosti nie je rentabilná a z finančného hľadiska sa táto investícia neoplatí.

Na základe predchádzajúcej úvahy existujú 2 alternatívy, ktorých realizácia je výhodná. V prípade, že prevádzkovateľ vykurovacieho systému (majiteľ objektu) je ochotný obetovať čas pre manuálnu prípravu kusového dreva, sa najviac vyplatí alternatíva 1. Poskytuje najnižšie prevádzkové náklady, najnižšie investičné náklady a primárny zdroj tepla spĺňajúci najvyššiu emisnú normu 5 pre kotle na tuhé palivo. Druhá možnosť, ak si prevádzkovateľ vykurovacieho systému potrpí na pohodlie a je ochotný si priplatiť, je alternatíva 3. Prevádzka tepelného čerpadla poskytuje pohodlný a čistý zdroj tepla (závisí od typu paliva použitého pre produkciu el. energie) a relatívne nízke prevádzkové náklady.

Záver

V prvej kapitole, Spôsoby vykurovania domácnosti, boli popísané jednotlivé typy používaných palív, ktoré sú využívané pre vykurovanie a zásoby teplej vody domácnosti. Následne boli vysvetlené princípy fungovania jednotlivých spaľovacích zariadení, zariadení využívajúce obnoviteľné zdroje energie, zariadení pre rekuperáciu tepla a zariadení akumulujúce teplo.

V druhej kapitole, Súčasný stav objektu, boli uvedené základné údaje pre lepšie oboznámenie sa s objektom. V ďalšej časti boli vypočítané tepelné straty na jednotlivých konštrukciách určujúce tepelnú potrebu systému pre vykurovanie a zásobu teplej vody. Nakoniec boli opísané základné komponenty aktuálne využívaného systému vykurovania a zásob teplej vody objektu.

V tretej kapitole, Návrh nových systémov vykurovania, boli podané 4 alternatívy, ktoré sa využívajú súčasti aktuálneho vykurovacieho systému na zníženie počiatkových nákladov. Zároveň nahradzujú aktuálne využívaný kotol na tuhé palivá, ktorý nespĺňa emisné limity EN 303-5.

V štvrtej kapitole, Prevádzkové náklady systémov, boli vypočítané prevádzkové náklady, počiatkové investície, doby návratnosti a prevádzkové náklady v priebehu 26 rokov jednotlivých systémov. Výpočet doby návratnosti jednotlivých navrhovaných systémov bol vypočítaný z prevádzkových nákladov aktuálneho systému pre vykurovaciu sezónu 2022/2023 bez použitia kotla na tuhé palivo. Jeho produkcia emisii je v rozpore s limitami, ktoré povoľuje EN 303-5. Tieto údaje podávajú komplexný obraz o finančnej výhodnosti jednotlivých alternatív.

V piatej kapitole, Finančné zhodnotenie, boli vyobrazené grafy investičných nákladov, prevádzkových nákladov, doby návratnosti a nákladov na prevádzku v priebehu 26 rokov. Následne v zhodnotení jednotlivých systémov boli určené dve alternatívy, ktorých realizácia je vhodná pre šetrný (navrhovaný systém 1) alebo pohodlný typ zákazníka (navrhovaný systém 3).

Cieľmi tejto bakalárskej práce bolo porovnať dostupné technológie vykurovania domácnosti, vybrať vhodné systémy pre určený objekt, previesť základné návrhy a následné ich ekonomicky zhodnotiť. Tieto ciele boli postupne v kapitolách 1 až 5 splnené.

Zoznam použitých zdrojov

- [1] BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2019. ISBN 978-80-214-5769-0.
- [2] BALÁŠ, Marek, Martin LISÝ a Jiří MOSKALÍK. Kotle a paliva. In: TZB-info [online]. Praha, 2012 [cit. 2021-02-13]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/8382-kotle-1-cast>
- [3] Palivá. Stavebné a energetické poradenstvo [online]. Bratislava: eFilip, 2015 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: http://www.efilip.sk/poradenstvo/energie_vykurovanie/paliva
- [4] Možnosti využití biomasy. *Biom* [online]. Praha: TOOLKIT, c2001-2018 [cit. 2021-2-21]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/moznosti-vyuziti-biomasy>
- [5] VOBOŘIL, David. Biomasa - využití, zpracování, výhody a nevýhody, energetické využití v ČR. *OEnergetice* [online]. Třebíč: OM Solutions, 2020, 6.2.2017 [cit. 2021-02-21]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/biomasa-vyuziti-zpracovani-vy-hody-a-nevyhody>
- [6] Biomasa. *Etaenergy* [online]. Žilina: Ohrievacia technika, 2021 [cit. 2021-02-22]. Dostupné z: <http://www.etaenergy.eu/sk/biomasa>
- [7] BUDÍN, Jan. Zemní plyn - těžba, vlastnosti a rozdělení. In: *OEnergetice* [online]. Třebíč: OM Solutions, 2020, 12.4.2015 [cit. 2021-02-25]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/zemni-plyn-tezba-vlastnosti-a-rozdeleni>
- [8] Vytápíme plynem. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2021 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem>
- [9] Dioxiny a furany. In: *Bezpečnost potravin A-Z* [online]. Praha 1: Ministerstvo zemědělství, 2021 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz/az/termin/76478.aspx>
- [10] Brikety. Česká peleta [online]. Dobřichovice: Klastř Česká peleta, 2020 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://ceska-peleta.cz/palivo/brikety/>
- [11] Pelety. Česká peleta [online]. Dobřichovice: Klastř Česká peleta, 2020 [cit. 2021-02-26]. Dostupné z: <https://ceska-peleta.cz/palivo/pelety/>
- [12] Co možná nevíte o zemním plynu. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2021 [cit. 2021-02-27]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-plynem/1908-co-mozna-nevite-o-zemnim-plynu>
- [13] Výchřevnost zemního plynu: Jak si vede ve srovnání s ostatními palivy? In: <https://www.elektrina.cz/> [online]. Praha: elektrina.cz, 2021 [cit. 2021-02-28]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/vyhrevnost-zemniho-plynu-jak-si-vede-ve-srov>

nani-s- ostatnimi-palivy

- [14] BROŽ, Karel. VYTÁPĚNÍ. 2. dopl. vyd. Praha: ČVUT, 2006. ISBN 80-01-02536-5
- [15] Oficiální definice typů teplovodních spalovacích zdrojů na pevná paliva [online]. Březen 2016, **2016**(5), 42-43 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.tpin.cz/clanky/oficialni-definice-typu-teplovodnich-spalovacich-zdroju-na-pevna-paliva-detail-1935>
- [16] Tepelná čerpadla pro každého (I). In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2019 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/953-tepelna-cerpadla-pro-kazdeho-i>
- [17] Typy tepelných čerpadel. Tepelná čerpadla IVT [online]. Praha: IVT Tepelná čerpadla, 2021 [cit. 2021-03-14]. Dostupné z: <https://www.ivt.sk/sk/typy-tepelnych-cerpadel>
- [18] Tepelná čerpadla - princip funkce a rozdělení. In: OEnergetice [online]. Třebíč: OM Solutions, 2015 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/tepelna-cerpadla>
- [19] Jak vybrat kotel na tuhá paliva? Kotel na klíč [online]. Kunice: Kotelnaklic.cz, 2021 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <https://www.kotelnaklic.cz/jak-vybrat-kotel-na-tuha-paliva/>
- [20] O TEPELNÝCH ČERPADLECH. EZV Čepička [online]. Litoměřice: EZV Čepička, 2018 [cit. 2021-03-16]. Dostupné z: <http://www.ezv.cz/o-tepelnych-cerpadlech>
- [21] MATUŠKA, Tomáš. Typy solárních kolektorů. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo, ©2021 [cit. 2021-03-21]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [22] KAMEŠ, Josef. Fosilní paliva. 2. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2012. ISBN 978-80-260-3499-5.
- [23] MATUŠKA, Tomáš. Parametry solárních kolektorů. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo, ©2021 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>
- [24] Legislativa. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, ©2021 [cit. 2021-03-22]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla/332-legislativa-tepelna-cerpadla#cop>
- [25] Válcové dřevěné brikety z tvrdého dřeva - PREMIUM. In: Ekopaliva-Vít [online]. Lomnička u Tišnova: WEB-KLUB.cz, 2017 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.ekopaliva-vit.cz/valcove-drevene-brikety-z-tvrdeho-dreva-premium/d6071>
- [26] Dřevěné pelety - STANDARD. In: Ekopaliva-Vít [online]. Lomnička u Tišnova: WEB-KLUB.cz, 2017 [cit. 2021-03-24]. Dostupné z: <https://www.ekopaliva-vit.cz/drevene-pelety-standard/d6072>

vit.cz/drevene-pelety-standard-6mm-bal-15-kg/d6074

- [27] Jak tepelné čerpadlo pracuje. Tepelná čerpadla Ptáček [online]. Brno: Ptáček – velkoobchod, ©2020 [cit. 2021-03-31]. Dostupné z: <https://www.tepelne-cerpadlo-snadno.cz/radce/tepelne-cerpadlo-a-jak-mu-rozumet/>
- [28] Komfort kotlů na tuhá/pevná paliva – část I. TZB-info [online]. Ostrava: Topinfo, 2018 [cit. 2021-03-29]. Dostupné z: <https://vytapieni.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/17137-komfort-kotlu-na-tuha-pevna-paliva-cast-i>
- [29] Komínový tah – podstata, význam a měření. In: TZB-info [online]. Praha: Topinfo, 2019 [cit. 2021-03-30]. Dostupné z: <https://vytapieni.tzb-info.cz/kominy-a-kourovody/12277-kominovy-tah-podstata-vyznam-a-mereni>
- [30] On-line kalkulačka úspor a dotací Zelená úsporám. TZB-info [online]. Praha: Topinfo, c2001–2021 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/128-on-line-kalkulacka-uspor-a-dotaci-zelena-usporam>
- [31] HEAT RECOVERY VENTILATOR - HRV. In: JIXING-TECH [online]. Guangzhou: Shopify, ©2021 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.gzjixing-tech.com/products/heat-recovery-ventilator>
- [32] Rekuperáciou tepla ušetríme náklady na vykurovanie. Stavebník [online]. Zvolen: Weby Group, ©2021 [cit. 2021-4-3]. Dostupné z: <https://www.stavebnik.sk/clanky/rekuperaciou-tepla-usetrite-naklady-na-vykurovanie.html>
- [33] Nútené vetranie. Stavebník [online]. Zvolen: Weby Group, ©2021 [cit. 2021-04-03]. Dostupné z: <https://www.stavebnik.sk/clanky/nutene-vetranie-s-rekuperaciou.html>
- [34] Decentrálne vetracie jednotky s rekuperáciou tepla a vlhkosti. Stavebník [online]. Zvolen: Weby Group, ©2021 [cit. 2021-04-04]. Dostupné z: <https://www.stavebnik.sk/clanky/decentralne-vetracie-jednotky-s-rekuperaciou-tepla-a-vlhkosti-0.html>
- [35] Akumulace tepla ve vytápění. Topenářství instalace. 2003, 6(6), 30-34.
- [36] Použití velkoplošných solárních systémů – moderní přístup a postup projektanta. Topenářství instalace. 2003, 6(6), 46-55.
- [37] Logano G 211 - 32D. Centrum Biomasy [online]. Dolná Mičiná: SoftOne, 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <http://www.centrumbiomasy.sk/logano-g-211-32d-221>
- [38] Buderus Logalux PL 750/2 S. Макгрупп [online]. Nuremberg: McGrp, 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://mcgrp.ru/manual/buderus/logalux-pl-750-2-s>
- [39] Návod k obsluze Plynové kondenzační kotle Logamax plus. In: KOSEMO Moravia [online]. KOSEMO Moravia, 2019 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: https://www.kosemo.cz/files/logamax-plus-gb-162-15-25-3545.pdf?fbclid=IwAR1m4AU6FJ0v15Zl-zoQ6KTPJkcZYSZN_NMsPIZXzn1Rs3KIVqjun6DWJ20

- [40] Solární pakety pro ohřev teplé vody a podporu vytápění Optimalizovaná systémová technika Buderus - „nákup pod jednou střechou“. In: NOVO Instalaterstvní No vák [online]. Vráž: VIZUS, 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <http://www.instalaterstvi-novak.cz/res/archive/001/000163.pdf?seek=1495721997>
- [41] Návod k montáži, obsluze a údržbě kotle na pevná paliva Logano G211 a Logano G211 D. In: KOSEMO Moravia [online]. Praha: KOSEMO Moravia, 2005 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://www.kosemo.cz/files/63035628_montaz_obsluha_logano-g211_cz_1.pdf
- [42] Logamax plus GB162. In: ATRIA.SK dom - byt - záhrada - vykurovanie [online]. Bratislava: Shopsys, ©2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: https://www.atria.sk/soubory/840/bud_gb162_2.7_45kW.pdf
- [43] Projekční podklady Vakuové trubicové kolektory Vaciosol CPC 6 Vaciosol CPC 12. In: DOCPLAYER [online]. DocPlayer.cz, ©2021 [cit. 2021-04-08]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/109389804-Projekcni-podklady-vakuove-trubicove-kolektory-vaciosol-cpc-6-vaciosol-cpc-12.html>
- [44] Installation and Maintenance Instruction Logalux PL750/2 S. Hb-kotlo-wina [online]. Michalowice: HB-System, ©2021 [cit. 2021-4-9]. Dostupné z: <https://www.hb-kotlownia.pl/files/1703015902/201001242249020.6720615191pl7502ssolartank.pdf>
- [45] Splynovací kotol Attack DPX 15 Profi. In: Kotollacno [online]. Ratnovce: webareal [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.kotollacno.sk/kurenie/eshop/1-1-Kotly-na-pevne-palivo/1-2-Drevosplynovacie-kotly/5/3180-Splynovaci-kotol-Attack-DPX-15-Profi//description#anch1>
- [46] ATTACK AK 1000K akumulční nádoba 915l s izolací, červená. Kotel na klíč [online]. Kunice: Shoptet, ©2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.kotelna-klic.cz/prislusenstvi/attack-ak-1000k-akumulac-ni-na--doba-915l-s-izolaci--c--er-vena/>
- [47] AKUMULAČNÍ NÁDRŽE ATTACK® AK/AS, HR/HRS, TUV/TUVS, S/SS NÁ VOD K OBSLUZE. In: Kotel na klíč [online]. Shoptet, ©2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.kotelnaklic.cz/user/documents/upload/P%C5%99%C3%ADslu%C5%A1enstv%C3%AD/ATTACK%20AK%201000K%20akumulac%CC%8Cni%CC%81%20na%CC%81doba%20915l%20s%20izolaci%CC%81,%20c%CC%8Cervena%CC%81.pdf>
- [48] ATMOS D 15 PX. In: DELTASTAV [online]. Žilina: Shopsys, ©2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.deltastav.sk/atmos-d-15-px/>
- [49] Technický list VITOCAL 100-A. In: Viessmann [online]. Chrášťany: Viessmann, 2020 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.moje-cerpadlo.cz/media/attachments/2020/10/13/vitocal-100-a-technicky-list.pdf>
- [50] Viessmann Vitocal 100-A AW0-(M)-AC-AF AKU 14 kW R32. In: KOTLE NAUHLI.CZ [online]. Ostrava: webareal, 2020 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z:

- <https://www.kotlenauhli.cz/kotle/eshop/20-1-Tepelna-cerpadla/142-3-Viessmann/5/2799-Viessmann-Vitocal-100-A-AW0-M-AC-AF-AKU-14-kW-R32>
- [51] Dřevěné pelety ENplus A1. Pelety a Brikety a6 ke kotli Waldera [online]. Brumov-Bylnice: WALDERA, ©2021 [cit. 2021-04-12]. Dostupné z: <https://www.waldera.cz/produkt/drevene-pelety-enplus-a1/>
- [52] Cenník elektriny pre domácnosti platný od 1. januára 2021. Elektrina a energetické poradenstvo | VSE a.s. [online]. Košice: Východoslovenská energetika, 2020 [cit. 2021-5-4]. Dostupné z: https://www.vse.sk/sdoc/doc/elektrina/cenniky/2021/cennik-dodavka-VSE-MOO-2021%20elektrina_domacnost%20A5%204683.pdf
- [53] Košice MONTHLY. AccuWeather [online]. New York: AccuWeather, ©2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.accuweather.com/en/sk/kosice/298738/april-weather/298738>
- [54] Obj.č.SPv2 Solární kolektor Vaciosol CPC12 2 ks (24 trubic) Více zde: <https://dastinpo-eshop.webnode.cz/products/obj-c-spv2-solarni-kolektor-vaciosol-cpc12-2-ks-24-trubic/>. DaSt Inpo group - eshop [online]. Havířov-Město: Webnode, [2012] [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://dastinpo-eshop.webnode.cz/products/obj-c-spv2-solarni-kolektor-vaciosol-cpc12-2-ks-24-trubic/>
- [55] Akumulační nádrž KXT1 1500l d1000. AkuNádrže [online]. Svitavy: EASTBURGER, c2013–2021 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.akunadrze.cz/akumulacni-nadrz-kxt1-1500l-d1000-i298/>
- [56] Plynové kondenzační kotle QUANTUM Q7K. In: QUANTUM [online]. Vyškov: Quantumas.cz, ©2016 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.quantumas.cz/kondenzacni-kotle/>
- [57] Tarify a ceny. Domácnosti - SPP [online]. Bratislava: SPP, ©2021 [cit. 2021-04-22]. Dostupné z: <https://www.spp.sk/sk/domacnosti/plyn/tarify-a-ceny/>
- [58] Spalovací zařízení Seznam cvičení 2020/2021. VŠB Technická univerzita ostrava [online]. Ostrava: OLLERO, [2020] [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://vec.vsb.cz/export/sites/vec/cs/vyuka-a-kurzy/vyuka/Seznam-cviceni.pdf>
- [59] Stanovenie veľkosti kolektorového poľa a solárneho zásobníka. Projekční podklady Solární technika Logasol k ohřevu pitné vody a podpoře vytápění [online]. Buderus, 2010, (3), 109 [cit. 2021-4-25]. Dostupné z: <https://www.yumpu.com/xx/document/read/33402953/solar-03-2010-pppdf18258kb-buderus>

Zoznam použitých skratiek a symbolov

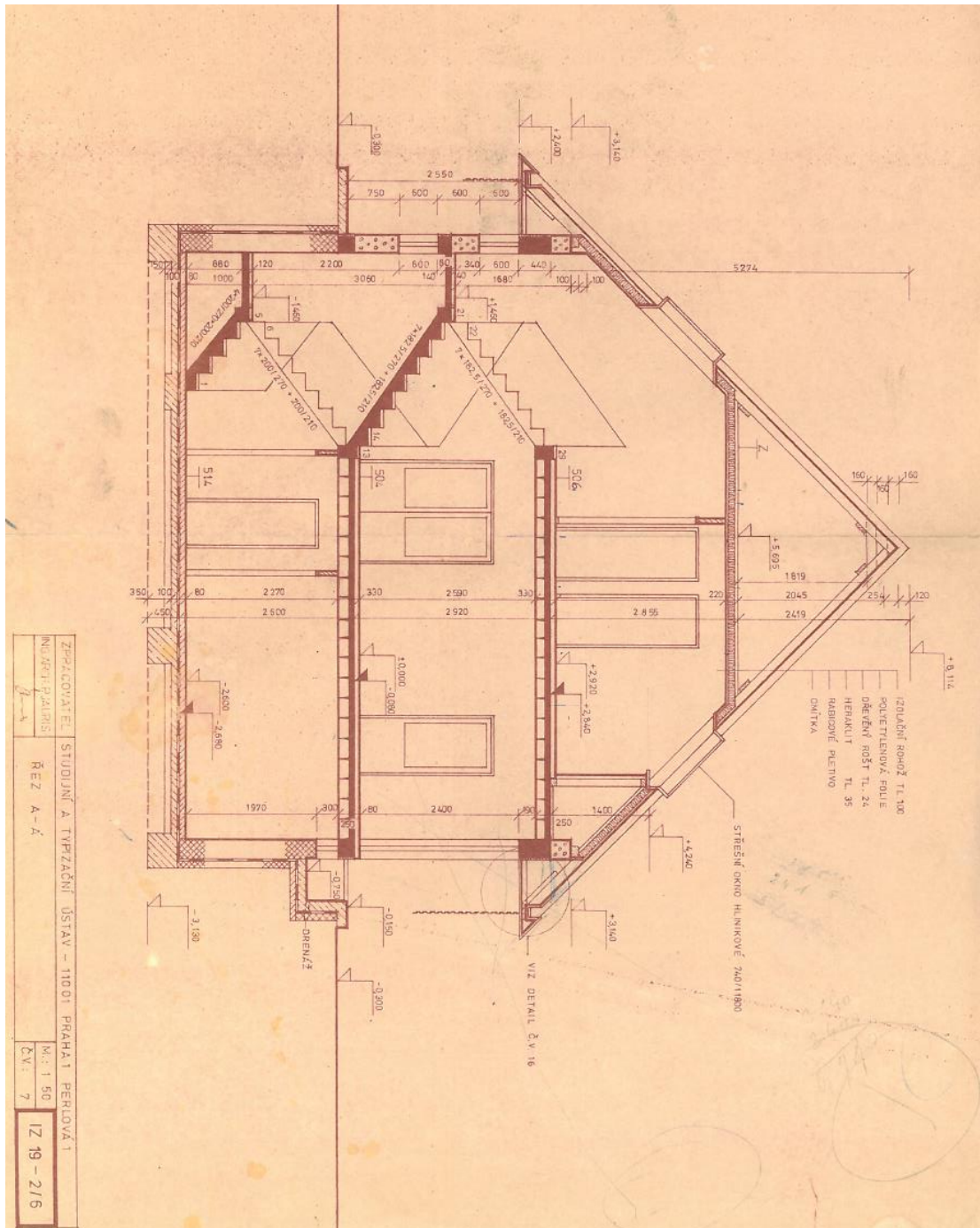
Q_i^r	výhrevnosť	$[kJ \cdot kg^{-1}]$
Q_s^r	spalné teplo	$[kJ \cdot kg^{-1}]$
r	výparné teplo vody	$[kJ \cdot kg^{-1}]$
W^r	obsah vody v palivu	$[-]$
H_2	obsah vodíku v surovom palive	$[-]$
h	horľavina pri tuhom rozboře	$[-]$
A	popolovina pri tuhom rozboře	$[-]$
W	voda pri tuhom rozboře	$[-]$
Q_i^d	výhrevnosť pri 0 % obsahu vody v palive	$[MJ \cdot kg^{-1}]$
W^r	obsah vody v palive	$[%]$
I_v	merné skupenské teplo varu (výparné teplo) = 2,257 MJ/kg	$[MJ \cdot kg^{-1}]$
Q_r	celková ročná potreba energie pre vykurovanie a ohrev teplej vody	$[GJ]$
$Q_{VYT,r}$	ročná potreba energie pre vykurovanie	$[GJ]$
$Q_{TV,r}$	ročná potreba energie pre ohrev teplej vody	$[GJ]$
$m_{pal,0}$	hmotnosť paliva spáleného za rok	$[kg]$
$Q_{D,0}$	teplo získané spaľovaním kusového dreva v aktuálnom systéme	$[GJ]$
$Q_{i,D}^r$	výhrevnosť kusového dreva vid' Tab. 1	$[MJ]$
η_D	účinnosť spaľovacieho systému na tuhé palivo	$[-]$
$Q_{ZP,0}$	teplo získané spaľovaním ZP aktuálneho systému	$[GJ]$
Q_r	teplo potrebné objektom pre vykurovanie a zásobu TV	$[GJ]$
$N_{ZP,0}$	náklady na ZP v aktuálnom systéme	$[CZK/€]$
C_{ZP}	cena zemného plynu za 1 kWh	$[CZK/€]$
$C_{ZP,m}$	fixná mesačná sadzba pre prevádzku elektrickej prípojky	$[CZK/€]$
$N_{22/23}$	prevádzkové náklady systému od vykurovacej sezóny 2022/2023	$[CZK/€]$
$Q_{i,D}$	výhrevnosť dreva	$[MJ]$
$Q_{D,1}$	teplo získané spaľovaním kusového dreva navrhovaného systému 1	$[GJ]$
η_S	účinnosť splyňovacieho systému na tuhé palivo	$[-]$
$Q_{ZP,1}$	teplo získané spaľovaním ZP navrhovaného systému 1	$[GJ]$
$N_{ZP,1}$	náklady na ZP v navrhovanom systéme 1	$[CZK/€]$
$m_{pal,1}$	hmotnosť spálených peliet	$[kg]$
$Q_{D,2}$	teplo získané spaľovaním peliet	$[GJ]$
$Q_{i,P}^r$	výhrevnosť peliet [51]	$[MJ]$
η_A	účinnosť systému využívajúci automatický kotol	$[-]$
$COP_{3,5^\circ C}$	hodnota topného faktoru uvažovaná pre navrhovaný systém 3	$[-]$
T_{von}	priemerná vonkajšia teplota počas vykurovacej sezóny	$[^\circ C]$
T_{out}	teplota vody vychádzajúca z tepelného čerpadla	$[^\circ C]$
C_{el}	cena elektrickej energie	$[CZK/€]$
N_{VS}	počet dní vykurovacej sezóny	$[dni]$
asd	percento tepla ktoré bude zabezpečovať kotol na ZP	$[%]$
N_{-10}	počet dní pri ktorých klesne teplota po $-10^\circ C$	$[dni]$
Q_{10}	50 % tepla ktoré pokryje kotol na ZP počas 10 dní	$[kWh]$
$N_{TC,3}$	ročné náklady navrhovaného systému 3	$[CZK/€]$
C_{el}	cena elektrickej energie	$[CZK/€]$
$C_{el,m}$	mesačná sadzba prevádzky elektrickej prípojky	$[CZK/€]$
$N_{ZP,4}$	cena zemného plynu návrhového systému 4	$[CZK/€]$

D_N	doba návratnosti	[rok]
N_i	prevádzkové náklady jednotlivých systémov	[CZK/€]

Zoznam príloh

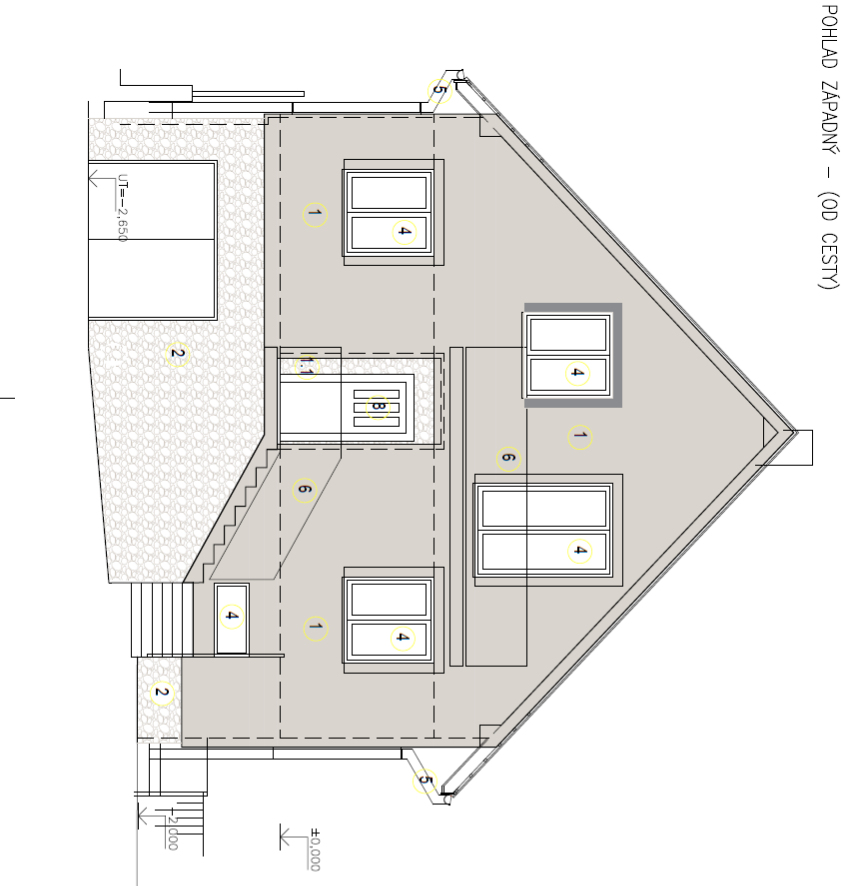
1. Rez domu
2. Pôdorys prízemie
3. Pôdorys podkrovia
4. Pohľad západný
5. Pohľad južný

1. Rez domu



[illegible]

4. Pohľad západný

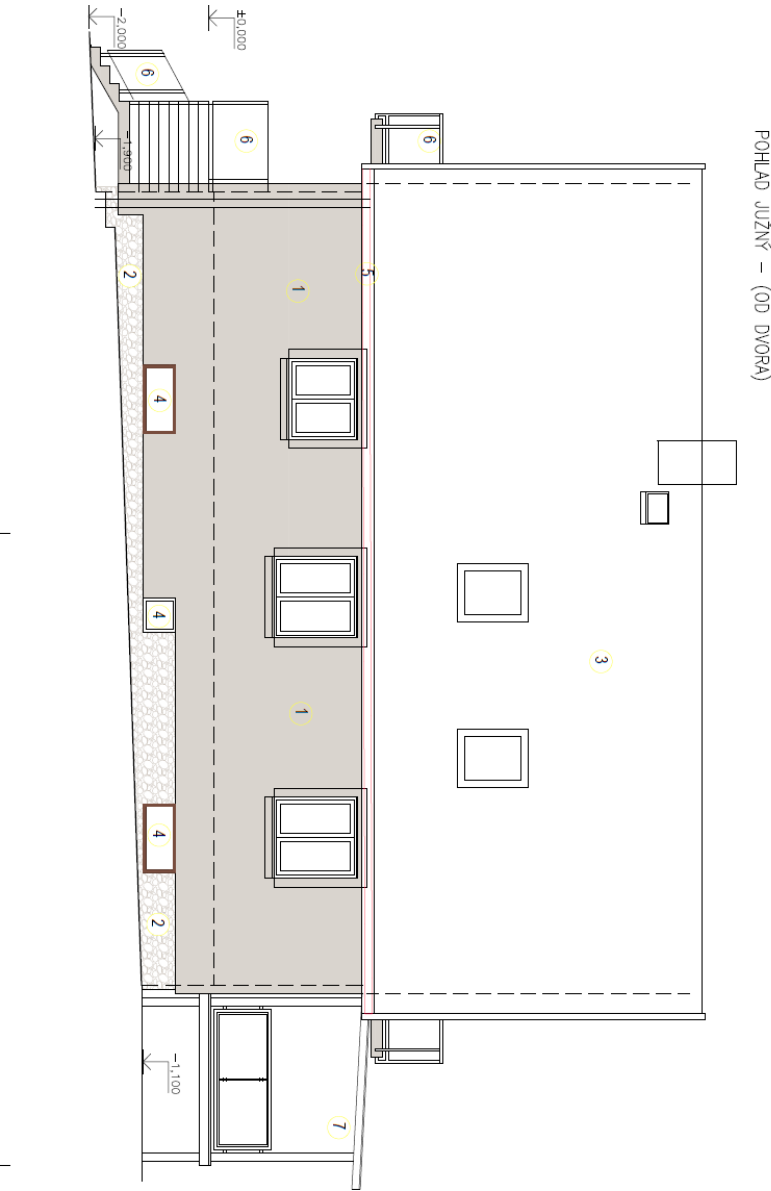


LEGENDA PVRCHOVÝCH ÚPRAV

- 1 KONTAKTNÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM BAVUŤ SO SILKÁTOVOU OMÍTKOU (hr. zateplenia 140mm)
- 1.1 KONTAKTNÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM BAVUŤ SO SILKÁTOVOU OMÍTKOU (hr. zateplenia 80mm)
- 2 SOŠEL – KONTAKTNÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM BAVUŤ S MOZAIKOVOU OMÍTKOU (hr. zateplenia 80mm)
- 3 STREŠNÁ KRYTINA TERANÓVA
- 4 OKENNÉ VÝPLNE – PLASTOVÉ OKNA S IZOLAČNÝM TROJSKLOM
- 5 KLAMPAŘSKÉ VÝROBKY – POPLASTOVANÝ PLECH
- 6 HLINIKOVÉ ZÁBRADLIE S VÝPLŇOU
- 7 PRESKLENÉ STĚNY – HLINIKOVÉ
- 8 VCHODOVÉ DVEŘE S OBLOŽKOVOU ZÁRUBKOU

A		Stavby nové		Stavby nové		Stavby nové		Stavby nové		Stavby nové	
0		Stavby nové		Stavby nové		Stavby nové		Stavby nové		Stavby nové	
PROJEKT		Ing. Peter Rudišín a manželkou		05.2017		ROZPOČET		Stavba		Stavba	
1:50		4x44		Stavba		ZATEPLENIE RODINNÉHO DOMU, Rozhanovce, ul.1 mája 196 / 61		Stavba		Stavba	
POHLAD ZAPADNÝ		SO 01 RODINNÝ DOM		NAVRHOVANÝ STAV		2017/SO01		8		8	

5. Pohľad južný



LEGENDA POVRCHOVÝCH ÚPRAV

- 1 KONTAKTNÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM BALUIT SO SILIKÁTOVOU OMIETKOU (tr. zateplenia 140mm)
- 1.1 KONTAKTNÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM BALUIT SO SILIKÁTOVOU OMIETKOU (tr. zateplenia 80mm)
- 2 SOBEL – KONTAKTNÝ ZATEPLOVACÍ SYSTÉM BALUIT S MOZAIKOVOU OMIETKOU (tr. zateplenia 80mm)
- 3 STREŠNÁ KRYTINA TERAKOTÁ
- 4 OKENNÉ VÝPLNE – PĽASTOVÉ OKNÁ S IZOLAČNÝM TROUSLOM
- 5 KLAMPARSKÉ VÝROBKÝ – POHLASTOVANÝ PLECH
- 6 HLINIKOVÉ ZÁBRADLIE S VÝHLÍŠOU
- 7 PŘEKLENÉ STĚNY – HLINIKOVÉ
- 8 VCHODOVÉ OKENNÉ DVERE S OBLŮŽKOVOU ZÁRUBKOU

A		Úroveň		Stav		Stav		Stav		Stav	
0		Návrh		0		0		0		0	
PROJEKT		Ing. Peter Rudišín s.m.s.		05.2017		05.2017		05.2017		05.2017	
1:50		4X44		ZATEPLENIE RODINNÉHO DOMU, Rozdiarova ul. Imňa 156/61		NAVRHOVANÝ STAV		2017/SO/01		5	